

TRABAJO FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

ESTUDIO DE FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACCIDENTALIDAD DE TRÁFICO Y DETECCIÓN DE PUNTOS NEGROS



Documento 1

Memoria

Autor: Alicia Quintana Fernández
Director: Silvia Garcia Vilana
Departamento: RMEE – Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería
Co-Director: David Sánchez Molina
Convocatoria: Enero 2019

ÍNDICE

Resumen	4
Resum	5
Abstract	6
Limitaciones	7
1. CAPÍTULO 1: HIGHWAY SAFETY MANUAL	8
1.1. Introducción.....	8
1.2. Análisis del Highway Safety Manual.....	10
1.2.1. Función de Predicción de Accidentes.....	10
1.2.2. Condiciones locales de la vía – Factores de modificación de accidentes y de calibración	15
1.3. Limitaciones del método, criterios establecidos y datos necesarios.....	18
1.3.1. Limitaciones previas referentes al cambio de jurisdicción y modificaciones del método	18
1.3.2. Criterios establecidos, fuentes de obtención y forma de los datos	20
1.4. Metodología desarrollada para el estudio de la accidentalidad de las carreteras catalanas.....	24
1.4.1. Vías a analizar	24
1.4.2. Preparación de los datos	25
1.4.3. Ajuste de la función de predicción de accidentes (SPF)	25
1.4.4. Análisis de modificaciones	26
1.5. Resultados.....	30
1.5.1. Carretera C-17	30
1.5.2. Carretera C-31	41
1.5.3. Carretera C-16	49
1.5.4. Carretera C-32	55
1.5.5. Carretera C-55	61
1.5.6. Carretera C-14	65
1.6. Conclusiones	71
2. CAPÍTULO 2: MICRO Y MACRO ACCIDENTALIDAD	73
2.1. Introducción.....	73
2.2. Bases de datos relevantes para el estudio de la accidentalidad.....	74
2.2.1. Bases de datos de los Mossos d'Esquadra.....	74
2.2.2. Bases de datos del SIDAT.....	75
2.2.3. Modificaciones de las variables existentes y aplicación propuesta de la base de datos	76
2.3. Resultados de la macro accidentalidad	78
2.3.1. Análisis del marco temporal.....	79
2.3.2. Análisis de las unidades implicadas en el accidente.....	85
2.3.3. Análisis de los tipos de accidentes	89

2.4.	Resultados de la micro accidentalidad.....	93
2.4.1.	Análisis de las acciones previas al accidente	94
2.4.2.	Análisis de la responsabilidad del accidente	98
2.4.3.	Codificación de maniobras y análisis.....	102
2.5.	Conclusiones	122
3.	CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE LAS ROTONDAS DE CATALUÑA.....	124
3.1.	Introducción.....	124
3.2.	Rotondas en Cataluña.....	124
3.3.	Titularidad de las rotondas en Cataluña	125
3.4.	Radios de las rotondas catalanas	129
3.5.	Análisis de la accidentalidad en rotondas	133
3.6.	Conclusiones	136

RESUMEN

El presente trabajo se centra en el estudio de los factores que influyen en los accidentes de tráfico, concretamente en los accidentes donde está implicada una motocicleta.

Además, en este trabajo final de grado se estudian tres puntos referentes a la accidentalidad de tráfico y la detección de puntos negros en carreteras de Cataluña.

En primer lugar, se describe el HSM (Highway Safety Manual) y se propone una adaptación del mismo para las vías catalanas. Con el manual como base, se desarrollan modelos de predicción de accidentes y se pretende encontrar factores o características de la vía que provocan más accidentes y que con esto se pueda determinar si un tramo de vía es peligroso o no.

En segundo lugar, se hace un análisis de la micro y la macro accidentalidad, con el fin de identificar aquellos aspectos más frecuentes que condicionan la accidentalidad de motocicletas. Se analizan las variables existentes en las bases de datos SIDAT y la base de datos facilitada por los Mossos d'Esquadra.

Y por último lugar, se hace un estudio sobre un tipo de intersección en concreto: las rotondas. Este estudio pretende recoger información del total de rotondas agrupadas por titularidad y radios dentro de los siete ámbitos territoriales de Cataluña. También se analizan los radios de las salidas y caídas a la vía de la base de datos.

RESUM

El present treball es centra en l'estudi dels factors que influeixen en els accidents de trànsit, concretament en els accidents on està implicada una motocicleta.

A més, en aquest treball final de grau s'estudien tres punts referents a l'accidentalitat de trànsit i la detecció de punts negres en carreteres de Catalunya.

En primer lloc, es descriu el HSM (Highway Safety Manual) i es proposa una adaptació del mateix per a les vies catalanes. Amb el manual com a base, es desenvolupen models de predicció d'accidents i es pretén trobar factors o característiques de la via que provoquen més accidents i que amb això es pugui determinar si un tram de via és perillós o no.

En segon lloc, es fa una anàlisi de la micro i la macro accidentalitat, amb la finalitat d'identificar aquells aspectes més freqüents que condicionen l'accidentalitat de motocicletes. S'analitzen les variables existents en les bases de dades SIDAT i la base de dades facilitada pels Mossos d'Esquadra.

I finalment, es fa un estudi sobre un tipus d'intersecció en concret: les rotondes. Aquest estudi pretén recollir informació del total de rotondes agrupades per titularitat i radis dins dels set àmbits territorials de Catalunya i analitzar les sortides i caigudes a la via de la base de dades en funció del radi.

ABSTRACT

The present thesis focuses on the study of the factors that influence traffic accidents, specifically accidents where a motorcycle is involved.

Also, in this dissertation, three points are studied about traffic accidents and the detection of black spots on Catalonia's roads.

Firstly, the HSM (Highway Safety Manual) is described and a new adaption is proposed for Catalan roads. The accident prediction models are developed with the manual as a starting point. Also, the factors or characteristics of the road that cause most accidents are found and this can determine if the road section is dangerous or not.

Secondly, micro and macro accident rate is analyzed in order to identify the most frequent aspects that condition the motorcycles accident rate. The variables of the SIDAT data bases and Mossos d'Esquadra data bases are analyzed.

Finally, a particular type of intersection is studied: the roundabouts. This study collects information on the total number of roundabouts grouped by ownership and radius on territorial areas of Catalonia. Also, the road exits and falls from the data bases are analyzed in relation of the radius.

Limitaciones

A la hora de realizar el trabajo, se han encontrado las siguientes limitaciones:

En el capítulo 1:

- Los datos sobre la Intensidad Media Diaria (IMD) que se encuentran en los planes de Aforos del Servicio de Territorio y Sostenibilidad están actualizados hasta el año 2016. Además, en algunos tramos de carretera de los últimos años (sobretudo 2015 y 2016), el dato sobre la IMD ha sido copiado de años anteriores.

En el caso de haber tenido datos de la IMD del año 2017, se podría haber alargado el estudio del capítulo 1 ya que disponíamos de la cantidad de accidentes ocasionados en las carreteras analizadas y separados por años.

- En las regresiones, se obtienen los valores de α y β correctos para los accidentes totales y para los accidentes leves, ya que se tienen datos suficientes para sacar regresiones óptimas. En el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

En el capítulo 3:

- Encontrar datos sobre la cantidad de intersecciones de los diferentes tipos (intersecciones en forma de T, O, X y Y) que existen en Cataluña ha sido otra limitación, ya que solo se ha podido conseguir estos datos para las intersecciones en forma de rotondas.

En el caso de haber tenido estos valores para las otras intersecciones, se podría haber hecho un estudio como el del capítulo 3 para cada una de ellas.

- La base de datos de los Mossos d'Esquadra contiene un total de 27 accidentes producidos en rotondas dentro de las siete áreas regionales de Cataluña.

A la hora de calcular el porcentaje de accidentalidad dividiendo el número de accidentes ocasionados entre el número de rotondas existentes, en la mayoría de áreas regionales no son valores fiables dado a su pequeña cantidad de ejemplos que se disponen. Es por esa razón que solo se ha calculado ese valor (Tabla 3.4) en el área metropolitana de Barcelona, ya que es la región donde más casos de accidentes teníamos (14 casos).

1. CAPÍTULO 1: HIGHWAY SAFETY MANUAL

1.1. Introducción

Este capítulo estudia la accidentalidad de la motocicleta desde un punto de vista de simulación y modelística. Así pues, el objetivo principal es encontrar modelos o herramientas de simulación que permitan predecir de alguna forma los accidentes esperados en una vía bajo unas condiciones específicas y poder determinar medidas o modificaciones a aplicar para reducir la accidentalidad.

El hecho de poder predecir el número de accidentes en una vía es muy importante por varios motivos:

- No necesita de resultados experimentales (que en este caso serían los accidentes reales) que implica que más usuarios tengan accidentes y por tanto que más personas sufran lesiones graves o incluso la muerte, para poder realizar estadísticas o definir variables control y de esta forma poder observar la influencia de alguna característica concreta de la vía.
- Un modelo puede predecir el número de accidentes futuros sin necesidad de esperar a que estos años lleguen para poder elaborar tendencias.
- Puede ayudar a ver qué rasgos concretos de un tramo de vía hacen que ésta sea más peligrosa o menos que el resto de la vía o que otras vías.
- Se pueden realizar diferentes asunciones, tales como simular menos circulación de vehículos en un tramo, una modificación de una curva u otras características.

Por lo tanto, son muchas las ventajas que supone el ser capaz de elaborar un modelo de simulación que permita estudiar las tendencias de los accidentes y la previsión de las cifras de accidentes esperados. Hay que incidir en el hecho de que la simulación va más allá de un programa virtual como elementos finitos, donde se puedan observar casos muy reales mediante cuerpos virtuales; la simulación puede ser un modelo en forma de ecuación que aporte datos no reales (predichos) y permite modificar diferentes aspectos para observar el efecto en la variable buscada (en nuestro caso, el número de accidentes).

Para poder obtener un modelo realista sobre la predicción de accidentes hay que encontrar una herramienta fiable y tener un control sobre las decisiones que se toman. En el caso que ocupa este proyecto, se iniciará con el *Highway Safety Manual* como base para desarrollar los modelos de predicción de accidentes. El *Highway Safety Manual* (o HSM por las siglas en inglés) es un manual desarrollado en Estados Unidos y que ofrece una guía clara sobre el uso de sus modelos para predecir accidentes y encontrar factores o características de la vía que provocan más accidentes.

No obstante como se describirá con más detalle en los siguientes apartados, el HSM no es directamente aplicable a las vías catalanas, dado que sus modelos vienen definidos a partir de datos experimentales reales ocurridos en Estados Unidos, donde las carreteras, las características de las mismas o incluso el flujo de vehículos que circula en vías urbanas o interurbanas es totalmente diferente al de las vías de Cataluña.

Por ello en este capítulo se describe el HSM, se propone una adaptación del mismo para las vías catalanas, se estudian y analizan seis vías comarcales de Cataluña de las cuales se dispone de datos suficientes, se desarrollan los *factores de modificación de accidentes* (CMFs) y se aplican a dos vías concretas.

1.2. Análisis del Highway Safety Manual

El *Highway Safety Manual* (HSM) es el manual publicado por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) con el objetivo de proporcionar estimaciones cuantitativas para la toma de decisiones en el ámbito de modificación, mejora o mantenimiento de las carreteras junto con el estudio de la peligrosidad de las vías. De esta forma, este capítulo contiene información sobre el uso de técnicas que permiten realizar predicciones de accidentes en una vía con unas condiciones concretas, estudiar el impacto de la modificación de variables como la velocidad, curvatura o anchura (entre otros) de la vía sobre el número de accidentes, o incluso localizar puntos donde se observan valores de ciertos parámetros que pueden ser indicadores de puntos peligrosos.

Así pues, el método predictivo que define el *Highway Safety Manual* proporciona la frecuencia media de accidentes esperada de toda la vía estudiada, siendo la suma anual de todos los segmentos en la cual se divide. Esta frecuencia de accidentes se define como el número de accidentes que se dan en un lugar concreto, instalación o red viaria en un periodo de un año, y se calcula como:

$$\text{Frecuencia de accidentes} = \frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Periodo en años}}$$

Y por lo tanto, se mide en accidentes por año. Dado que los accidentes son sucesos aleatorios, estos accidentes observados fluctúan en el tiempo, y por tanto, la frecuencia de accidentes en un tiempo corto no es un indicador adecuado de la frecuencia media esperada bajo unas condiciones comunes en un periodo más largo de tiempo. Para tener una muestra amplia, y disminuir el efecto de fluctuaciones aleatorias y la estacionalidad, se determinará la frecuencia de accidentes y el número esperado de accidentes en un punto de la red considerando periodos anuales.

1.2.1. Función de Predicción de Accidentes

Aplicando el método predictivo del HSM se obtiene como resultado una Función de Predicción de Accidentes (o *Safety Performance Function* (SPF), en inglés), que permite determinar la frecuencia media de accidentes según las condiciones base de la carretera analizada. La SPF es una regresión, donde el término independiente es el número de accidentes previstos para la vía, y las variables dependientes son el volumen de tráfico que circula por la carretera (en vehículos/día) y la longitud de la carretera o tramo estudiado. La combinación de ambos parámetros descritos para la vía estudiada define la densidad de accidentes. Considerando el volumen de tráfico (o densidad de vehículos) que de forma inevitable incrementa el número absoluto de accidentes producidos, y la longitud del tramo, que reduce la cantidad de colisiones en un punto determinado a medida que aumenta. Dado que ambas variables pueden definirse como “características” de la carretera (al menos durante un periodo concreto), para cada carretera se puede obtener una SPF específica, que está ajustada a sus dos características mencionadas.

No obstante, y como se ha descrito anteriormente, dado que la SPF se estima mediante un análisis de regresión, las constantes obtenidas que multiplican a las variables dependientes y la forma en que estas se combinan, proporciona resultados de frecuencia

de accidentes muy diversos. Por este motivo, el HSM aporta la forma de las SPF y las constantes o parámetros a utilizar, que han sido obtenidos a partir de ajustes de datos experimentales medidos. Por otro lado, es lógico pensar en el hecho de que no solo el volumen de tráfico y la longitud de la vía son parámetros que afectan a la accidentalidad, sino que hay más rasgos que incrementan o reducen el número de accidentes. Un ejemplo de esto sería la diferencia entre el número de accidentes de una vía rural por la cual circula un reducido número de vehículos, con tramos muy rectos y pocos accesos, y una vía urbana que une varias poblaciones, por la cual circulará un gran número de vehículos y que tiene curvas y muchos accesos. Estos rasgos descritos anteriormente se engloban en las condiciones base.

Las condiciones base de una carretera son el conjunto de características geométricas y de diseño de tráfico, y el grupo de características de control del tráfico. Estas características son las que se asumen como base para obtener la forma y las constantes de la SPF mencionada anteriormente (por ejemplo un ancho de vía de 10 pies (ft), dos carriles y un ancho de arcén de 1 ft). Mientras las características de diseño y las geométricas agrupan rasgos como el número de carriles por vía, la velocidad o el ancho de vía, el grupo de características de control de tráfico estará relacionado con la organización de la carretera. Este último grupo divide las vías (o tramos analizados) en:

- Carretera dividida
- Carretera no dividida
- Intersección controlada por una señal (stop)
- Intersección señalizada

De esta forma, las condiciones base son características que necesariamente están incluidas en la SPF, y de hecho lo hacen, como se ha descrito antes, a través de la forma de la expresión de la SPF y de las constantes a utilizar, y ambas varían en función del tipo de carretera. Por este motivo, previamente a la definición de la función de predicción de accidentes de la vía analizada, para saber qué forma tiene la SPF y qué constantes se utilizan, se tiene que definir el tipo de carretera en estudio. En el HSM los principales grupos en el que se dividen las vías son:

- Vías rurales de dos carriles o carreteras de dos direcciones
- Vías rurales multicarril
- Vías urbanas y arterias suburbanas

La división entre rural o urbano/suburbano depende principalmente de las características de la vía y de la población de alrededor. El *Highway Safety Manual* hace esta categorización basándose en la guía de la *Federal Highway Administration* (FHWA), que define la zona urbana como aquellos lugares dentro de los límites urbanos, donde la población es superior a 5.000 personas; y la zona rural como la externa a los límites urbanos donde la población es inferior a 5.000 personas. Basándose en estas consideraciones, se definen las constantes de la SPF de cada tipo de vía.

La forma general del número de accidentes esperados es de la forma:

$$N_{spf} = IMD^b \cdot L \cdot e^a \quad [1]$$

Donde IMD es la *Intensidad Media Diaria de Vehículos*, L es la longitud de la vía (o tramo analizado) y a y b son parámetros que se pueden determinar (los valores de los parámetros son diferentes para vías rurales y vías urbanas o arterias suburbanas, tal como se explica a continuación).

Las vías rurales de dos carriles son carreteras con características muy similares entre diferentes vías. Por este motivo, la SPF base para frecuencia de accidentes media y las condiciones base viene dada por:

$$N_{spf} = IMD \cdot L \cdot 365 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-0,312} \quad [2]$$

Esto equivale a considerar $b = 1$ dado que la intensidad de tráfico es moderada y $a = \ln(365 \cdot 10^{-6}) + 0,312$. En el caso de vías rurales con más de un carril y vías urbanas y arterias suburbanas, dada la gran variabilidad de las condiciones base y la mayor intensidad de tráfico entre ambos grupos y dentro de cada grupo entre vías, la SPF toma la forma más compleja:

$$N_{spf} = e^{a+b \cdot \ln(IMD) + \ln(L)} = IMD^b \cdot L \cdot e^a \quad [3]$$

Donde las constantes a y b se pueden encontrar en las tablas disponibles en el manual HSM, según el tipo de vía y para las condiciones base. Los tipos de vía que se definen en base al HSM son:

- Dos carriles no separados (2U): tramo con carriles en ambas direcciones, no separados físicamente.
- Tres carriles (3T): un carril en cada dirección, y el central es un carril para girar lateralmente.
- Cuatro carriles no separados (4U): carriles en ambas direcciones, no separados físicamente.
- Cuatro carriles separados (4D): carriles en ambas direcciones, separados (incluyendo por mediana).
- Cinco carriles (5T): dos carriles en cada dirección y el central es un carril para girar lateralmente.

Para cada tipo de segmento de los definidos anteriormente, se proporciona un valor de a y b. El valor de ambos parámetros siempre es más elevado para los tramos de dos carriles, y más bajo para los de 5 carriles. Hay que recordar que, mientras más alto sea el valor de los parámetros, más alta es la frecuencia de accidentes según la SPF. Este hecho indica que el valor de los parámetros está relacionado con la peligrosidad, siendo más alta en vías de dos carriles. No obstante, dichos parámetros ajustan la frecuencia en función de la IMD y la longitud del tramo, por lo tanto no son indicadores directos. Además, mientras las vías rurales multicarril toman valores de las constantes de $a = -9,653$ y $b = 1,176$ para los accidentes totales, las vías urbanas y arterias suburbanas tienen valores de a entre -16,45

y $-9,97$, y b entre $1,12$ y $1,69$ (dependiendo de cuántos carriles tenga y la forma de separación de estos carriles).

Tabla 1.1. Valores de las constantes a y b según el HSM

	Vía rural multicarril	Vía urbana o arteria suburbana	
		Valor mínimo	Valor máximo
a	-9,653	-16,45	-9,97
b	1,176	1,12	1,69

Los valores de a y b que constan en el HSM han sido obtenidos a partir de ajustes estadísticos de casos experimentales en vías Norteamericanas; a partir de números de accidentes, las Intensidades Medias Diarias de vehículos (IMD) y la longitud de cada tramo, se han ajustado rectas para encontrar estos valores. Por este motivo, la función y las constantes no solo están definidas según el número de carriles, sino que por las vías utilizadas para encontrar las constantes circulan un máximo de vehículos diarios. Así, el uso de cada función viene restringido a un máximo de IMD:

- Dos carriles no separados (2U): de 0 a 32.600 vehículos/día
- Tres carriles (3T): de 0 a 32.900 vehículos/día
- Cuatro carriles no separados (4U): de 0 a 40.100 vehículos/día
- Cuatro carriles separados (4D): de 0 a 66.000 vehículos/día
- Cinco carriles (5T): de 0 a 53.000 vehículos/día

No obstante en las vías estudiadas en el análisis, los valores de IMD observados no se corresponden a los delimitados en el HSM, debido a que, como se ha descrito anteriormente, las características de vía urbana e interurbana en los Estados Unidos son totalmente diferentes a las catalanas en cuanto a IMD, anchos de carril o zona de alcance. Por ejemplo, en las vías de dos carriles, en muchos casos se supera el valor máximo dependiendo del uso del tramo. Por este motivo estas constantes se tendrán que obtener de nuevo para las vías de Cataluña. En el presente estudio, se ha ajustado en cada vía las funciones para incluir en mayor medida las condiciones base características de la vía y que la diferencian de las otras vías de su categoría (este ajuste se describirá más extensamente en secciones posteriores).

Los parámetros de la SPF de la vía no solo varían en función del tipo de segmento, sino de la severidad del accidente. El *Highway Safety Manual* proporciona valores de a y b para cada tipo de vía, y al mismo tiempo, para cada tipo de severidad. Se definen tres tipos:

- Accidentes totales
- Accidentes fatales y de heridos (*Fatal-and-injury (FI) crashes*, en inglés)
- Accidentes de daño solo material (*Property-damage-only (PDO) crashes*, en inglés)

Así pues, si bien se puede definir un valor de a y b general para el total de los accidentes observados, también se puede determinar la frecuencia media de accidentes graves (o fatales) y la de accidentes leves (o solo de daño material). Estos tres análisis se pueden desarrollar para un mismo segmento o infraestructura.

Dado que solo se definen estas tres categorías, se asume que la suma de los accidentes con daños y los accidentes materiales tiene que ser igual a los accidentes totales, y por este motivo hace falta un ajuste de las frecuencias medias obtenidas, para que estas sumen la frecuencia total de accidentes. Este ajuste se realiza como:

$$N_{(FI)} = N_{Tot} \left(\frac{N'_{(FI)}}{N'_{(FI)} + N'_{(PDO)}} \right) \quad [4]$$

Donde:

$$N_{(PDO)} = N_{Tot} - N'_{(FI)} \quad [5]$$

Siendo $N'_{(FI)}$ y $N'_{(PDO)}$ los valores preliminares obtenidos de las SPF, y $N_{(FI)}$ y $N_{(PDO)}$ los valores ajustados. De esta forma en base a las tablas del HSM para cada severidad de accidente (y tipo de vía y número de carriles) hay unas constantes diferentes.

El *Highway Safety Manual* también proporciona diferentes valores de los parámetros según el tipo de accidente. Distingue entre cinco tipos:

- Colisión de un solo coche
- Colisión de múltiples vehículos, no relacionada con las entradas/salidas de la vía
- Colisión de múltiples vehículos, relacionada con las entradas/salidas de la vía
- Colisión vehículo-peatón
- Colisión vehículo-bicicleta

La SPF base es la misma que la definida en esta sección, a excepción de las colisiones múltiples de vehículos relacionadas con la salida/entrada en la vía. En este caso, la SPF se define como:

$$N_{spf} = \sum_{\forall \text{ entrada}} n_j \cdot N_j \cdot \left(\frac{IMD}{15.000} \right)^t \quad [6]$$

Donde N_j es el número de colisiones relacionadas con las entradas/salidas, n_j es el número de accesos al segmento estudiado del tipo j y t es el coeficiente ajustado para IMD, tabulado. Se definen 7 tipos de accesos:

- Comercial mayor
- Comercial menor
- Industrial/institucional mayor
- Industrial/institucional menor
- Residencial mayor

- Residencial menor
- Otros

Los accesos mayores son todos aquellos con más de 50 plazas de parking y los menores para menos de 50 plazas de parking.

Con este modelo e introduciendo los datos correspondientes en el tramo de carretera estudiado, se puede calcular la frecuencia promedio de accidentes esperados en la vía o tramo analizado. Así, en vías rurales el modelo de la ecuación es válido dado que en estos tipos de vías no se espera una gran variabilidad de la IMD a lo largo de la carretera, el número de carriles suele ser constante, normalmente hay pocas entradas y salidas y el número de carriles suele ser el mismo y de anchura más o menos constante. Esto hace que el exponente establecido (-0,312) sea válido y buen predictor del número de accidentes.

No obstante, el caso que ocupa a este estudio es el de carreteras urbanas y arterias suburbanas. En estos casos, dada las diferencias entre carreteras, la variabilidad de la IMD, el incremento/reducción del número de carriles y la presencia de intersecciones, el modelo base requiere varias modificaciones para poder calcular la frecuencia de accidentes, las cuales se presentarán en el apartado *Metodología desarrollada para el estudio de la accidentalidad de las carreteras catalanas*.

1.2.2. Condiciones locales de la vía – Factores de modificación de accidentes y de calibración

En el caso de realizar un análisis de dos carreteras con las mismas características, y por tanto, con la misma SPF y las mismas constantes a y b , hay que observar que las únicas variables que las diferencian entre ellas son la longitud (L) y el volumen de tráfico (IMD). De esta forma, introduciendo en la SPF la misma IMD y L , se obtiene el mismo valor de frecuencia de accidentes medios esperada determinada por las condiciones base de la SPF desarrollada por esta vía (N_{spf}). No obstante, esto no implica que esta frecuencia esperada sea la misma que la observada en la realidad para las dos carreteras. De hecho, es muy probable que en una de las vías estudiadas se observe más diferencia entre la frecuencia observada y la esperada, que en la otra carretera, es decir que se produzcan más accidentes de los que predice la función. Esto se debe a todos aquellos factores propios de la carretera que precisamente hacen que sea más o menos peligrosa que la otra, debido a que las constantes utilizadas son, como se ha dicho anteriormente, ajustadas de casos reales, pero no tienen necesariamente que corresponder a las que se obtendrían ajustando las del caso concreto estudiado.

Por este motivo es necesario introducir de alguna forma estas diferencias observadas en las características de la carretera. Un ejemplo de este hecho sería una carretera o tramo estudiado, el cual tiene una anchura de vía de 1,8 m siendo diferente de los 1,5m que define la condición base mediante la cual se han calculado las constantes proporcionadas en las tablas. Para poder computar estas diferencias en la SPF, el HSM describe los llamados Factores de Modificación de Accidentes (o *Crash Modification Factors* (CMFs) en

inglés). Tal y como describe su nombre, los CMFs son factores utilizados por ajustar las SPF estimadas para predecir la frecuencia media de accidentes con el efecto de las condiciones geométricas y de diseño y las de control de tráfico particulares de la vía o tramo estudiado. Si la característica de la vía que difiere de la establecida en las condiciones base hace que haya un incremento de los accidentes, el CMF que la define será más grande que 1 dado que se multiplica por la SPF y por tanto incrementará el número de accidentes predicho; y por el contrario si reduce este número de colisiones será menor que 1.

Según el tipo de vía estudiado (rural de dos carriles, rural multicarril o urbano/suburbano), los CMFs definidos son diferentes.

Para las vías rurales de dos carriles se definen en el HSM los siguientes CMFs:

- CMF_{1r}: Ancho de carril
- CMF_{2r}: Ancho y tipo de arcén
- CMF_{3r}: Longitud y radio de curvas horizontales y presencia o no de transiciones espirales
- CMF_{4r}: Elevación de curvas horizontales
- CMF_{5r}: Pendiente
- CMF_{6r}: Densidad viaria (*driveway density*)
- CMF_{7r}: Bandas sonoras (*Centerline Rumble Strips*)
- CMF_{8r}: Carril especial de adelanto (*Passing Lanes*)
- CMF_{9r}: Carriles de doble dirección para girar a la izquierda (*Two-Way Left-Turn Lanes*)
- CMF_{10r}: Tipología de los bordes (*Roadside design*)
- CMF_{11r}: Iluminación
- CMF_{12r}: Controles de velocidad

Para las vías rurales multicarril se definen, para los no divididos:

- CMF_{1ru}: Ancho de carril
- CMF_{2ru}: Ancho y tipo de arcén
- CMF_{3ru}: Pendientes laterales de los bordes (*Side slopes*)
- CMF_{4ru}: Iluminación
- CMF_{5ru}: Controles de velocidad

Y para los divididos:

- CMF_{1rd}: Ancho de carril
- CMF_{2rd}: Ancho de arcén
- CMF_{3rd}: Ancho de la mediana
- CMF_{4rd}: Iluminación

- CMF_{5rd}: Controles de velocidad

Por último, para las vías urbanas y suburbanas, se definen:

- CMF_{1r}: Presencia de pàrkings
- CMF_{2r}: Objetos fijos
- CMF_{3r}: Ancho de la mediana
- CMF_{4r}: Iluminación
- CMF_{5r}: Controles de velocidad

Cada uno de los factores de modificación de accidentes definidos tienen una fórmula de cálculo asociada, que incluye todos aquellos rasgos que definen a dicho factor. De esta forma, la SPF de la vía se ajusta como:

$$N_{pred} = N_{spf} \cdot C_r \cdot (CMF_1 \cdot CMF_2 \cdot \dots \cdot CMF_i) \quad [7]$$

Donde N_{pred} es la frecuencia de accidentes media predicha para el tramo de vía, considerando las condiciones que difieren de las condiciones base (mediante el factor de modificación de accidentes), como pueden ser radios de curvatura, carriles más estrechos u otros. Aún y así, existen otras características, tales como podrían ser la velocidad de la vía, la presencia de barreras u otras, que no vienen descritas por ningún factor de modificación de los definidos en el HSM, y que por algún motivo pueden estar afectando a la vía. Estos rasgos pueden estar influyendo de forma negativa o positiva a la frecuencia de accidentes de la carretera, y por tanto forman parte de la peligrosidad de la vía. Todos ellos se engloban en el Factor de Calibración (C_r) de la vía. Este factor definirá la peligrosidad de la vía o tramo estudiado.

1.3. Limitaciones del método, criterios establecidos y datos necesarios

Si bien el *Highway Safety Manual* es una guía de gran utilidad para predecir el número de accidentes en un tramo de vía y simular diferentes situaciones y modificaciones en la misma para estudiar el resultado, tal y como se ha dicho anteriormente este manual ha sido diseñado en base a observaciones y carreteras Norteamericanas, y no pueden aplicarse directamente a nuestras vías. Para poder aplicar el método en las vías catalanas habrá que modificar la *función de predicción de accidentes* (SPF), concretamente calcular aquellos valores que hacen que sea diferente la SPF de carreteras rurales de las urbanas, que son las constantes de la función. Así pues en el presente capítulo se presenta una generalización de la SPF que permitirá diseñar un nuevo método modificado a partir del original, en función de las necesidades de este nuevo método se establecerán unos criterios necesarios que deben de cumplir los datos con los cuales se realizará el análisis, y por último se describirán las fuentes de obtención de los datos.

1.3.1. Limitaciones previas referentes al cambio de jurisdicción y modificaciones del método

El método que ofrece el *Highway Safety Manual* (HSM) fue diseñado enfocado a las carreteras de Estados Unidos. Las redes viarias y sus características difieren mucho entre países y jurisdicciones. Por ejemplo, la anchura de carriles americanos es diferente al de las vías españolas, tal y como se observa en la Imagen 1.

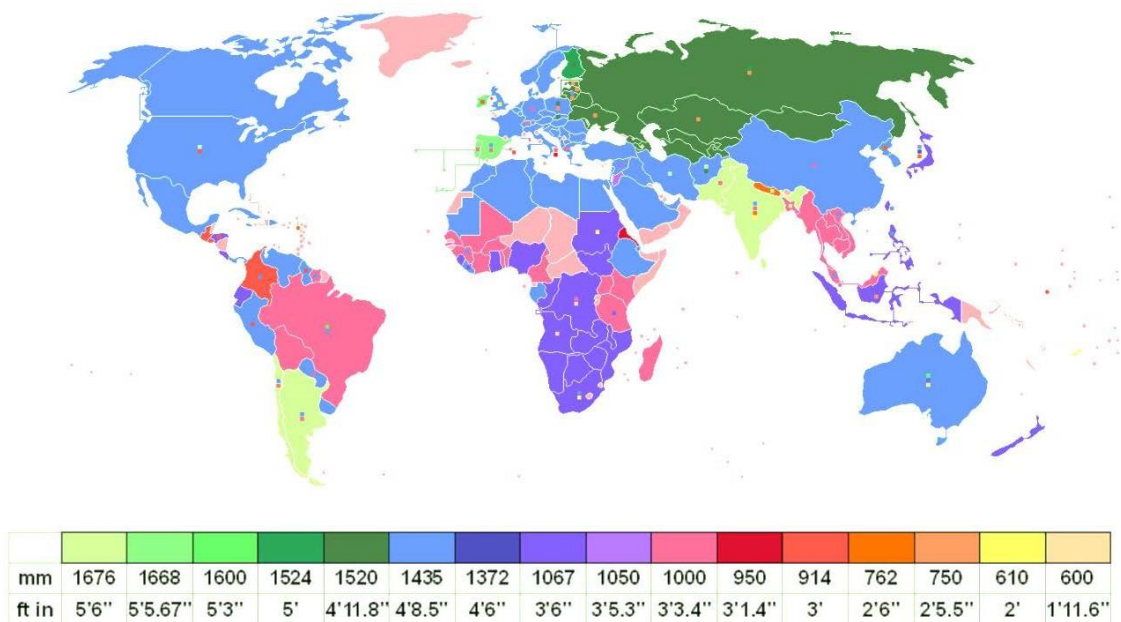


Imagen 1.1. Ancho de carril utilizado en diferentes países. (Wikipedia)

Estas diferencias también se observan en la definición del tipo de vía, que viene dada por sus condiciones de uso. La definición de vía rural, según el HSM (vía que pasa por poblaciones de menos de 5.000 personas) viene relacionada con unos valores de IMD observados en los Estados Unidos, que no difieren mucho entre diferentes vías rurales en este país. Hay que recordar que la forma de la función de predicción de accidentes (SPF)

asociada al tipo de vía ha sido determinada en base al ajuste de datos reales de IMD y su número de accidentes reales (ocurridos para unas condiciones base geométricas y de diseño) y por tanto el valor de las constantes de la SPF también han sido obtenidas con este ajuste. Este hecho comporta que, para otras jurisdicciones donde las condiciones base de la vía son diferentes, el uso de estas vías y por tanto sus densidades de tráfico (IMD) varían notablemente, y las constantes de la SPF asociada también lo harán. De esta forma, la frecuencia de accidentes esperada aplicando la SPF correspondiente y las constantes tabuladas en el HSM para una vía que cumple las características definidas, puede ser muy diferente de los accidentes reales observados en el caso de utilizarlo en las vías catalanas, y ningún CMF (*Factor de Modificación de Accidentes*) aplicado ajustaría de forma adecuada la vía. En el caso que ocupa este estudio, se ha observado que, para vías que pasan por poblaciones inferiores a 5.000 habitantes (y que por lo tanto se corresponden a vías rurales según el HSM), las intensidades de tráfico que circulan son muy superiores a las que se observan en otros países.

Al utilizar la SPF correspondiente a vías rurales (con el exponente definido en ella), se observa que la frecuencia media de accidentes calculada es un 300% superior a la real, y que el hecho de aplicar los CMFs para ajustar la función SPF a las condiciones de las vías catalanas todavía incrementa más esta diferencia.

Llegados a este punto, es necesario desarrollar una serie de modificaciones que permitan aplicar el método sobre las carreteras de nuestra jurisdicción. Con esta finalidad, es preciso entender la función de las SPF, sus constantes y las posibles modificaciones que esta realiza entre diferentes carreteras.

Se parte de la función de predicción de accidentes (SPF) de vías rurales, (ver ecuación [2]), y de las constantes. Las condiciones base para las cuales ha sido determinada la SPF es un ancho de carril de 12 ft (3,68 m), un arcén pavimentado de 6 ft (1,84 m), una densidad de accesos de 5 entradas/milla (5 entradas cada 1.609 metros), sin curvas, iluminación, carriles de giro, radares ni pendientes.

Como se puede observar, se establecen como valores constantes tanto el exponente r de $-0,312$, como la constante b de 10^{-6} . Estos valores han sido ajustados mediante regresiones entre números reales de accidentes observados en las vías rurales americanas de dos carriles y las longitudes (L) de los tramos e IMD que circulan por estas vías. La forma y valores establecidos en la SPF se consideran válidos para IMDs de entre 0 y 17.800 vehículos/día, que es la densidad máxima que circula por las vías a partir de las cuales se ha determinado la SPF con estas constantes.

Para otras condiciones base, se habrían determinado unas constantes diferentes para la SPF. Así, la SPF se puede expresar de una forma más general como:

$$N_{spf} = IMD^{\beta} \cdot L \cdot e^{\alpha} \quad [8a]$$

donde el exponente α y el coeficiente β son los parámetros a ajustar según las condiciones base de la vía. Para poder realizar el ajuste, hace falta linealizar la ecuación:

$$\ln N_{spf} = \alpha + \beta \cdot \ln IMD + \ln L \quad [8b]$$

Y por tanto:

$$N_{spf} = \exp(\alpha + \beta \cdot \ln IMD + \ln L) \quad [8c]$$

Esta ecuación corresponde a la SPF definida para carreteras rurales multicarril y vías urbanas y suburbanas. Se puede observar, que la SPF es la misma para cualquier tipo de las tres vías definidas, donde la única diferencia es el valor de α y β , que en el caso de vías rurales toma el valor de $\alpha = -0,312 + \ln(365 \cdot 10^{-6})$ y $\beta = 1$, y para los otros dos tipos dependerá del número de carriles, su función y la separación.

Volviendo a lo descrito anteriormente, en el caso de vías de la jurisdicción estudiada en el presente capítulo, se podrá determinar los valores de α y β que ajustan la función de la forma más cuidadosa, mediante la función lineal:

$$\ln\left(\frac{N_{spf}}{L}\right) = \alpha + \beta \ln IMD \quad [9]$$

Y este ajuste será válido sea cual sea el tipo de vía estudiada (rural de dos carriles, rural multicarril o urbana /suburbana) dado que la función base de SPF es la misma.

1.3.2. Criterios establecidos, fuentes de obtención y forma de los datos

Para escoger las carreteras objeto de este estudio, se han definido tres criterios:

1. Carreteras con un número de accidentes superior al resto de vías. Para decidir qué carreteras cumplen este requisito, se ha realizado un análisis previo de la base de datos SIDAT, donde se han buscado aquellas vías con un número suficiente de accidentes. El número mínimo de accidentes anuales considerado apto para poder realizar el análisis es de 80 accidentes el año.
2. Carreteras de diferentes tipos. Dado que se contempla la posibilidad de encontrar diferencias entre clases de carreteras (comarcales, autovías, etc.) o con diferentes características (un carril por sentido, dos carriles, etc.) se intentará buscar carreteras de diferentes características.
3. Carreteras con un número suficiente de tramos. Dado que se define cada tramo como la parte de vía contenida entre dos intersecciones y los valores de IMD vienen definidos uno por cada tramo, la cantidad de tramos es fija y no se puede modificar. Así pues, si las vías tienen o no suficientes tramos dependerá de la cantidad de veces que se encuentra una intersección y por tanto de cuántos valores de IMD se obtienen. Se ha establecido un mínimo de 10 tramos.

Una vez definidas las características a cumplir de las carreteras estudiadas, para poder realizar el análisis completo se necesitan datos precisos de la vía estudiada. Estos datos se agrupan en tres categorías:

1. Datos de accidentes

Este conjunto de datos viene dado por la posición de los accidentes en la vía, la fecha,

la severidad del accidente y el tipo de colisión.

Para el presente estudio, estos datos se obtienen de la base de datos del SIDAT, donde consta el código del accidente, los vehículos involucrados, la fecha del accidente y la vía y punto kilométrico de la colisión. Así pues, solo se podrán analizar aquellas vías de las cuales se conocen para todos los accidentes que se producen en ella, la localización exacta (vía y punto kilométrico). Las vías de las cuales no se conoce el punto kilométrico en todos los accidentes no podrán ser estudiadas dado que solo se podría considerar una parte del total de accidentes y por tanto habría un sesgo o desviación del conjunto de datos. Las vías disponibles son:

- A-2 y AP-7
- B-10 y B-20
- C-14, C-16, C-17, C-31, C-32, C-55 y C-58
- GI-682
- N-II, N-240, N-260 y N-340.

Estas son las vías que se analizarán en profundidad en este estudio utilizando como guía el *Highway Safety Manual*.

2. Datos del volumen de tráfico

El volumen de tráfico se define a partir de la Media Anual de Tráfico Diario (*Annual Average Daily Traffic* o AADT, en inglés), que puede determinarse a partir de la Media Diaria de Tráfico. Este parámetro viene definido para la jurisdicción norteamericana.

En el caso que ocupa este estudio, los datos referentes al volumen de tráfico que se han podido obtener son las definidas en el documento *Plan de Aforos* publicados por la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad Terrestre (DGIMT), disponibles en la web del Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Cataluña. Estos documentos están disponibles para los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 y en ellos se describen los datos referentes al uso de la red de carreteras gestionada por la DGIMT. En las tablas reportadas en estos documentos se pueden encontrar varios datos de cada una de las carreteras de la red, entre ellas la medida de la *Intensidad Media Diaria de vehículos* (IMD) definida en vehículos/día.

Dado que a lo largo de una carretera urbana se pueden encontrar varios accesos o entradas provenientes de otras carreteras o vías suburbanas, los valores de IMD pueden ser muy variables a lo largo de toda la vía analizada. Por este motivo, es necesario disponer de datos de IMD para cada tramo comprendido entre entradas o salidas de la vía, y la localización de estos accesos. Así la vía se divide en segmentos homogéneos, por donde circula la misma IMD y que presenta las mismas condiciones de diseño. De esta forma, se define el final/inicio de un tramo cuando, al menos, varía:

- La Intensidad Media Diaria (IMD) de vehículos
- El número de carriles
- La presencia/tipo de mediana

La posibilidad de realizar estas segmentaciones proporciona la habilidad de un análisis más exhaustivo de los tramos, permitiendo buscar aquellos tramos más peligrosos, y poder atribuir esta peligrosidad a una serie de características del tramo que la diferencien del resto.

La localización de las entradas se puede definir a partir de los puntos kilométricos de la carretera, que en este análisis se han considerado como el inicio y final de cada tramo. Estos datos permiten asociar un valor de IMD para cada segmento de la carretera. Los segmentos comprendidos entre diferentes accesos a cada carretera vienen definidos en el documento de *Plan de Aforos* con una breve descripción (p.e. C-1415b – hasta – BP-1432).

Las vías que cumplen la condición 1 con un mínimo de accidentes de 80 casos anuales y todos con punto kilométrico conocido, y que además cumplen también la condición de un mínimo de 10 tramos con valores de IMD (condición 2) son seis vías diferentes:

- C-14
- C-16
- C-17
- C-31
- C-32
- C-55

3. Datos de la instalación

Proporciona características físicas referentes a la localización del accidente. Esto incluye la clasificación de la vía, el número de carriles, la longitud del tramo o instalación, y la presencia de mediana y arcén.

La longitud de la instalación se determina a partir del documento de *Plan de Aforos*, del cual se han obtenido los datos de IMD. Como se ha descrito anteriormente, los diferentes valores de IMD proporcionados para cada vía vienen asociados a un punto kilométrico concreto de esta vía. Además, el punto kilométrico en el cual se ha medido la IMD coincide para los documentos correspondientes a los cinco años (2012, 2013, 2014, 2015 y 2016). Dado que los valores de IMD se asumen constantes entre dos entradas/salidas de vía, se necesita localizar el punto kilométrico inicial y final del tramo, que corresponde en su punto kilométrico de la primera y la segunda entrada/salida de vía, respectivamente. En las entradas/salidas de vía es donde se encuentran las transiciones en los valores de volúmenes de tráfico.

El documento de *Plan de Aforos* proporciona, como se ha descrito, una breve descripción del inicio del tramo y el final del tramo. No obstante, los puntos kilométricos inicial y final solo vienen dados por el documento *Plan de Aforos 2014*. Dado que los puntos kilométricos donde se ha medido cada IMD coinciden para los documentos correspondientes a los cinco años, se asume que los puntos kilométricos inicial y final (donde se encuentran las entradas y salidas) son los mismos, y que se corresponden con los descritos en el documento de 2014. Así pues, se definen tantos

tramos como valores de IMD constan en los documentos de *Plan de Aforos*, y su longitud (L) se calcula como la diferencia entre el punto kilométrico final e inicial de este tramo.

Si bien el número de carriles viene dado en el propio documento de *Plan de Aforos*, el resto de datos geométricos de esta sección no han podido ser encontrados en fuentes bibliográficas. Estos datos son necesarios para poder obtener los conocidos como *Factores de Modificación de Accidentes* (CMFs), que permitirán conocer la peligrosidad intrínseca de la vía más allá de características como el ancho de carril, el ancho de arcén o el radio de la curva. Los CMFs y su cálculo se detallarán de forma más exhaustiva en apartados posteriores.

Así pues, para poder recoger los datos geométricos de las vías he acudido a las dependencias de los Mossos d'Esquadra, a la unidad de reconstrucción de accidentes ubicada en Egara. En la unidad y gracias a la colaboración de los Mossos d'Esquadra se ha tenido acceso al cartográfico de carreteras de Cataluña del cual disponen. En este cartográfico se ha introducido para cada carretera, un video de todo el trayecto de la vía desde la posición de un automóvil, y se proporcionan gráficas y valores para cada hectómetro de cada punto kilométrico de ancho de carril, ancho de plataforma, número de carriles, ancho del arcén, radio de la curva o incluso la pendiente entre otros. Las medidas tomadas han sido las mencionadas en cada tramo. Respecto al radio de la curva del tramo, se ha escogido aquel de curva más cerrada que corresponde al caso más desfavorable.

Los datos que cumplen las condiciones 1 y 2, y que además constan en el cartográfico de los Mossos d'Esquadra son dos vías de las seis anteriores. Con la finalidad de poder obtener las características geométricas de las otras cuatro vías se usó la base *Vissir v3*, del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña. Esta base permite acceder a planos interactivos donde se puede buscar una carretera y su punto kilométrico concreto, y que permite observar la red viaria catalana en forma topográfica o de ortofoto. Así, se puede buscar la carretera estudiada y el punto kilométrico de ésta, y con una ampliación adecuada de la zona visualizada, se puede observar el tramo de vía. A partir de una captura del tramo y de un software adecuado se puede medir los píxeles de anchura de un carril, y mediante la escala en metros proporcionada por el *Vissir v3*, se puede convertir el ancho de vía de píxeles a metros. El software utilizado fue *Gimp 2®*, un programa de medida y edición de imágenes. Este proceso se repitió para cada tramo. Con este método también fue posible observar si la vía era dividida, si había mediana y el ancho del arcén.

Para poder asegurar que las medidas tomadas de las fotografías del *Vissir* eran bastante cuidadosas, se repitió la presa de medidas para las vías ya conocidas del cartográfico de los Mossos d'Esquadra. No obstante se observó una desviación importante entre los datos cuidadosos del cartográfico de los Mossos d'Esquadra y las medidas tomadas en base al *Vissir*. Estas imprecisiones se atribuyen a la resolución de las fotografías, al error humano y al grosor de las líneas que separan los carriles. Así pues, los CMFs se calculan para las vías de características geométricas conocidas:

- C-17
- C-31

1.4. Metodología desarrollada para el estudio de la accidentalidad de las carreteras catalanas

En este apartado se describe la metodología general aplicada en este estudio para analizar la accidentalidad de las carreteras catalanas escogidas. Los resultados se presentarán en la sección posterior, descritos de forma exhaustiva para cada vía analizada.

1.4.1. Vías a analizar

Inicialmente se exponen las vías que se analizarán en este estudio. La elección se ha realizado siguiendo los requisitos definidos en la sección *Datos previos* donde se han definido los tres criterios:

1. Carreteras con un número de accidentes superior a 80 para tener suficientes datos
2. Carreteras con un mínimo de 10 tramos para tener variabilidad
3. Carreteras con IMD conocido para todos los tramos y los cinco años estudiados, donde los tramos sean los mismos para el total del periodo

Siguiendo estos criterios las vías escogidas y sus datos generales han sido las expuestas en la Tabla 2.

Tabla 1.2. Datos generales de las vías estudiadas

Vía	Tramos	$\sum N_{acc} 2012$	$\sum N_{acc} 2013$	$\sum N_{acc} 2014$	$\sum N_{acc} 2015$	$\sum N_{acc} 2016$	$\sum N_{acc} 2017$
C-14	18	121	110	130	139	152	145
C-16	21	119	132	114	105	108	123
C-17	18	229	281	285	259	339	258
C-31	26	387	375	383	337	402	371
C-32	23	256	224	239	262	325	285
C-55	11	134	130	132	125	175	137

Vía	Tramos	IMD 2012	IMD 2013	IMD 2014	IMD 2015	IMD 2016
C-14	18	11660	11580	11441	11969	11835
C-16	21	21860	21597	21246	20324	20925
C-17	18	34913	36008	37216	37817	38244
C-31	26	29219	29413	29494	30145	25952
C-32	23	46018	44637	46420	48161	49795
C-55	11	16577	16507	17434	17833	18277

Así pues, estas son las vías que se analizarán en profundidad en este estudio utilizando como guía el *Highway Safety Manual* y aplicando las modificaciones pertinentes.

1.4.2. Preparación de los datos

Cada carretera se analiza de forma individual. Dado que, como se ha dicho anteriormente, la IMD es variable a lo largo de la vía debido a las entradas y salidas, se tiene que dividir la carretera estudiada en tramos, que en este caso serán los establecidos en el documento de *Plan de Aforos* del cual se han obtenido los datos de IMD de los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016.

Mediante la base de datos del SIDAT, se realiza un recuento de los accidentes de cada tramo, según el punto kilométrico que indica la localización de cada colisión. Así, se obtiene el total de accidentes por tramo de vía y año (A_T).

1.4.3. Ajuste de la función de predicción de accidentes (SPF)

Definidos los tramos se procede a la definición de la SPF de la carretera. La forma general de la SPF a ajustar, tal y como se ha definido anteriormente es:

$$\ln N_{spf} = \alpha + \beta \cdot \ln IMD + \ln L \quad [8b]$$

Que en la forma lineal es:

$$N_{spf} = \exp(\alpha + \beta \cdot \ln IMD + \ln L) \quad [8c]$$

Volviendo a lo descrito anteriormente, dado que las características de las vías catalanas y la intensidad de tráfico IMD que circula son totalmente diferentes en las vías Norteamericanas, las constantes α y β de las tablas del HSM no se pueden utilizar directamente. Así pues, habrá que encontrarlas mediante regresiones lineales. Para poder realizar esta operación hay que sustituir el número predicho de accidentes por números conocidos, que en este caso serán los accidentes observados en cada tramo. El objetivo es que la regresión lineal ajuste una recta de tendencia entre todas las observaciones del total de tramos de la vía, aportando un valor de α y β que describa el comportamiento promedio del conjunto de datos. Para poder realizar esta regresión hace falta linealizar la ecuación:

$$\ln\left(\frac{N_{spf}}{L}\right) = \alpha + \beta \ln IMD \quad [9]$$

Así pues se hará una regresión lineal con los valores de los accidentes observados en cada tramo entre su longitud (N_{obs}/L) frente el IMD de este tramo.

Aun así, las condiciones base consideradas en el cálculo de los parámetros para cada uno de los cinco tipos de vías definidas son las mismas en cuanto al ancho de carril, de arcén y otras características, exceptuando el número de carriles. Así pues, dado que los valores de α y β son notablemente diferentes según el tipo de tramo tal y como se ha observado, se concluye que es más pertinente obtener diferentes valores de las constantes para cada tipo de tramos (según el número de carriles) y no de toda la vía analizada. De esta forma, vías con diferentes números de carril tendrían que tener tantas SPF como tipos de tramos tiene. Desgraciadamente para poder hacerlo, hace falta que la vía tenga un número suficiente de tramos de cada tipo; es decir, vías de un número concreto de carriles que en dos o tres tramos tienen otro número de carriles diferente no podrán tener dos SPF ya

que solo con tres tramos no se puede hacer una regresión y obtener los valores de α y β para estos tramos dado que no es fiable.

Dado que para cada vía se obtendrá un conjunto de valores de α y β , los cuales han sido obtenidos en base al comportamiento promedio del conjunto de tramos de la vía. Así, volviendo a calcular el número previsto de accidentes con la SPF y los valores de α y β obtenidos, se podrá observar qué tramo tiene más accidentes reales que los que aparentemente habría (por sus características) de tener. Esta observación es un indicador directo de la posible presencia de un punto conflictivo de accidentes.

Además, se realizará un primer ajuste de los parámetros α y β para el conjunto total de accidentes, y después se dividirán las colisiones en graves y materiales para calcular otros valores de α y β para cada uno de estos casos, que permitirán obtener los accidentes previstos leves, y los accidentes previstos graves.

1.4.4. Análisis de modificaciones

Para realizar un análisis de la afectación de diferentes cambios en la carretera en el número de accidentes, se requiere un conjunto de datos geométricos de cada tramo. Por eso, se requieren datos de cada tramo:

- N_{obs} : número de accidentes observados
- L : longitud del tramo
- IMD: intensidad del tráfico, así como los valores ajustados α y β para la vía donde se encuentra el tramo necesario para predecir el N_{spf} del tramo
- a_c : ancho de la carretera, que es el factor clave para determinar el CMF_{1r}
- v_c : ancho del arcén del carril, que junto con el IMD es necesario para determinar CMF_{2r}
- R_c : radio de curvatura que es el factor clave para determinar CMF_{3r}

Conocidos estos valores, un análisis de regresión que determine una serie de parámetros, permitirán determinar peligrosidades específicas ajustadas para cada tramo.

Fórmulas de cálculo modificadas para el Factor de Calibración y los CMFs

La peligrosidad del tramo de la vía se conocerá estudiando la relación entre los accidentes predichos y los observados. En aquellos tramos donde se observan más accidentes de los esperados por la SPF será un tramo más peligroso que el resto. Que un tramo de vía sea más peligroso que otro puede venir influido por características de la vía (tales como iluminación, ancho de carril o curvas), las cuales en gran parte vienen descritas por los *Factores de Modificación de Accidentes* (CMFs), y otras características no descritas por estos factores.

En este apartado se desarrollará un nuevo método de cálculo de los *Factores de Modificación de Accidentalidad* (CMF del inglés *Crash Modification Factors*) basado en consideraciones del HSM. Entre los Factores de Modificación de Accidentalidad están por

ejemplo el ancho del carril, el radio de curvatura en curvas de importancia, la existencia de arcén, la existencia de controles de velocidad, etc. Estos factores producen un cambio en el valor esperado del número de accidentes, por lo tanto, comparando el número de accidentes reales con el número de accidentes esperados (en función de la longitud del tramo y la intensidad del tráfico del tramo) afectados por la reducción o aumento esperado debido a estos factores se pueden identificar puntos especialmente conflictivos en la red viaria.

La descripción de la peligrosidad de la vía en base a los CMFs y al Factor de Calibración (C_r) se describe mediante una ecuación ya descrita en la introducción:

$$N_{pred} = N_{spf} \cdot C_r \cdot (CMF_1 \cdot CMF_2 \cdot \dots \cdot CMF_i) \quad [7]$$

Donde C_r es el Factor de Calibración. Así, tal y como se observa en la ecuación, los accidentes observados son los predichos por la Función de Predicción de Accidentes (SPF), junto con los CMFs (los cuales si son más grandes que 1 indican que las características que representen hacen que la vía sea más peligrosa) y un factor que es el Factor de Calibración (C_r) el cual describe todas aquellas características que no pueden identificarse directamente y que no describen los CMFs pero que también incrementan la peligrosidad de la vía.

Así pues, en general se pueden describir dos Factores de Calibración; uno general del tramo y uno específico del tramo. El Factor de Calibración general del tramo ($C_{r,g}$) se puede describir como la relación entre el número de accidentes observados y los predichos por la SPF (N_{obs}/N_{spf}), el cual incluirá todas las características del tramo que hacen que sea más peligroso (tanto las descritas por los CMFs como las que se desconocen y describe el Factor de Calibración específica ($C_{r,esp}$)), y un Factor de Calibración específico el cual describe aquellas características que incrementen la peligrosidad del tramo y que no pueden ser definidas por los CMFs.

Los CMFs con los que se trabajará en el presente capítulo son aquellos calculables a partir de los datos geométricos obtenidos del cartográfico de los Mossos d'Esquadra. Con esta información se puede calcular el CMF respecto al ancho de carril, radio de la curva y ancho del arcén. El *Highway Safety Manual* ofrece unas tablas donde pueden encontrarse los valores de estos CMFs a partir del IMD, el tipo de vía y las características geométricas. Alternativamente permite calcularlo en base a las ecuaciones:

$$CMF_{1r} = 1 - \bar{\gamma} a_{c,0} \left(\frac{a_c}{a_{c,0}} - 1 \right) \quad [10a]$$

$$CMF_{2r} = 1 + \frac{\delta}{400} \left(1 - \frac{v_c}{v_0} \right) (IMD - 400) \quad [10b]$$

$$CMF_{3r} = \frac{R_0}{R_c} \quad [10c]$$

El capítulo 10 del HSM proporciona algunos valores para los parámetros, por ejemplo, de la *Table 10-9* se deduce que $v_0 = 6$ ft y la misma tabla permite ajustar δ . Igualmente la ecuación (10-13) establece $R_0 = 80,2$ ft.

En el presente estudio se calcularán para todas las vías estudiadas los Factores de Calibración generales de cada tramo como la relación entre los accidentes observados y los predichos con la SPF, encontrando aquellos tramos que destacan en número de accidentes. Además, para aquellas vías de las cuales se conoce las características geométricas, se obtendrán los valores de los CMFs y se encontrará el valor del Factor de Calibración específico.

Para poder realizar la segunda parte descrita, habrá que obtener nuevas expresiones con diferentes valores que definan los CMFs para las vías catalanas. En particular, se calculará la *peligrosidad específica del tramo ajustada a la intensidad del tráfico* mediante la relación:

$$C_{r,g} = \frac{N_{obs}}{L \cdot IMD^\beta \cdot e^\alpha} = \frac{\lambda}{L \cdot \exp(\beta \cdot \ln(IMD) + \alpha)} \quad [11]$$

En el caso que ocupa este proyecto, tal y como se ha descrito a lo largo de todo el capítulo, los CMFs del HSM no se pueden utilizar puesto que las características de las vías catalanas son diferentes a las Norteamericanas y además los valores de IMD máximos definidos para poder utilizarlos también se superan. Así, en su defecto se tienen que calibrar adecuadamente (λ es la *peligrosidad específica de la vía*, L la longitud del tramo considerado, e IMD la intensidad media diaria de tráfico en el tramo). En este caso, con el objetivo de obtener mayores precisiones se ha calculado siempre α y β mediante un análisis de regresión para reproducir lo más cuidadosamente posible las características generales de la vía. Así para cada vía estudiada y cada tipo de accidente (general, leve, grave, mortal) se computan los coeficientes α y β . El *factor de calibración general* ($C_{r,g}$) es similar al que habla la metodología del HSM, excepto por el hecho de que no tiene en cuenta los Factores de Modificación de Accidentalidad. Si se considera ahora una magnitud parecida que incorpore estos factores, se recupera de manera exacta la definición del factor de calibración del HSM:

$$C_{r,esp} = \frac{N_{obs}}{L \cdot IMD^\beta \cdot e^\alpha} \left(\prod_i CMF_i \right)^{-1} = \frac{\lambda}{L \cdot \exp(\beta \cdot \ln(IMD) + \alpha)} \exp \left(- \sum_i \ln(CMF_i) \right) \quad [12]$$

Esta definición es totalmente equivalente a la fórmula (10-1) del HSM que se escribe de la forma:

$$C_{r,esp} = \frac{N_{obs}}{N_{spf}} \cdot \frac{1}{CMF_{1r} \cdot CMF_{2r} \cdot \dots \cdot CMF_{n,r}} \quad [13]$$

Con los datos disponibles en este capítulo se computarán los CMFs de las vías de las cuales se conocen las características geométricas (C-17 y C-31) a modo de ejemplo (para otros muchos los datos o no existen siempre, o no están disponibles o no son de la calidad suficiente). En particular se definirán el CMF_{1r} asociado al ancho de carril, el CMF_{2r} asociado a la existencia de arcenes, y el CMF_{3r} asociado al radio de curvatura, y utilizaremos fórmulas equivalentes a las definidas en el capítulo 10 (se cambia ligeramente la forma matemática para realizar el análisis de regresión):

$$CMF_{1r} = \exp[-\gamma(a_c - a_{c,0})] \quad [14a]$$

$$CMF_{2r} = \exp\left[\delta\left(1 - \frac{v_c}{v_0}\right)\left(\frac{IMD}{400} - 1\right)\right] \quad [14b]$$

$$CMF_{3r} = \exp\left[\frac{\varepsilon}{R_c}\right] \quad [14c]$$

Donde se encuentran variables que representan las características locales del tramo a_c ancho de la carretera, v_c ancho del arcén del carril, R_c radio de curvatura (se tomará siempre la curva más desfavorable en todo el tramo). El resto de valores $\gamma, \delta, \varepsilon$, así como $a_{c,0}$ se determinan por un análisis de regresión. El valor $v_0 = 6 \text{ ft} = 1,83 \text{ m}$, se toma igual que el valor base prescrito por el HSM. Hay que recordar que el HSM utiliza unas ecuaciones muy parecidas que de hecho son las formas linealizadas de las ecuaciones anteriores, mostradas en las ecuaciones [10a], [10b] y [10c].

La forma conveniente que se ha escogido la forma funcional para los CMF permite realizar una regresión general dada por:

$$\begin{aligned} \ln C_{r,esp} &\approx \ln\left(\frac{N_r}{L \cdot IMD^\beta \cdot e^a}\right) = CMF_{1r} \cdot CMF_{2r} \cdot CMF_{3r} \approx \\ &\approx \exp\left[-\gamma(a_c - a_{c,0}) + \delta\left(1 - \frac{v_c}{v_0}\right)\left(\frac{IMD}{400} - 1\right) + \frac{\varepsilon}{R_c}\right] \end{aligned} \quad [15]$$

1.5. Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis de cada vía. Así, se reporta el análisis de cada vía en un apartado, donde se aporta una descripción de la vía, los accidentes por meses y años, una breve descripción de cada tramo, el número de accidentes de cada tramo y año, los valores de los parámetros α y β y finalmente se destacan los tramos más peligrosos.

Además, en el caso de las vías C-17 y C-31 se calculan los factores de modificación de accidentes (CMFs) y se aplican en los resultados de accidentes predichos para buscar qué parámetros geométricos están afectando a la accidentalidad. Este estudio sólo se aplica a estas dos carreteras dado que son las únicas que cumplen los requisitos de número de accidentes de aproximadamente 100 casos anuales, más de 10 tramos y disponibilidad de datos de Intensidad Media Diaria de vehículos (IMD) y además se dispone de sus datos geométricos.

La vía C-17 contiene una descripción más exhaustiva del proceso de análisis realizado para todas las vías a modo de ejemplo. Para el resto de vías se sigue el mismo procedimiento aunque se expone de una forma más resumida.

1.5.1. Carretera C-17

La vía C-17 es una autovía de autonomía catalana, que une Barcelona y Ripoll. Empieza en el Nudo de la Trinidad y finaliza en Ripoll, con una longitud de 95 km.

Tiene tres radares: uno en La Llagosta dirección Vallès (pk 7,9), otro en Parets del Vallès sentido Vallès (pk 16,6) y un último en Centelles sentido Osona (pk 41,2).

La vía C-17 registra un total de 2415 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 3.

Tabla 1.3. Distribución de accidentes en la C-17 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	31	20	24	35	31	29	31	32	15	248
Febrero	34	24	18	26	23	13	6	17	16	177
Marzo	21	22	20	26	27	14	28	20	25	203
Abril	12	17	18	25	17	20	31	29	17	186
Mayo	20	29	18	24	12	23	27	18	18	189
Junio	23	23	29	23	28	20	15	20	26	207
Julio	17	23	12	13	24	13	11	21	15	149
Agosto	23	16	15	18	7	20	19	11	19	148
Septiembre	26	17	16	22	16	11	14	27	17	166
Octubre	20	20	19	35	25	27	27	25	36	234
Noviembre	21	22	24	28	39	18	38	41	21	252
Diciembre	23	44	25	33	15	21	34	24	37	256
Total	271	277	238	308	264	229	281	285	262	2415

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 339 accidentes y el año 2017 un total de 258 accidentes. Con estos datos, la vía C-17 registra un total de 3012 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El número más grande de accidentes se registra en 2016, seguido de los años 2010 y 2014. El año 2012 se observa el mínimo número de accidentes en esta vía, con un total de 229.

Respecto a los accidentes mensuales, los meses en que se producen más conflictos viarios son los de invierno (Octubre, Noviembre y Diciembre dependiente del año) y en algunos casos Enero.

Los años estudiados en base a los datos de Intensidad Media Diaria de vehículos (IMD) disponibles son 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016. En estos años se registran 229, 281, 285, 259 y 339 accidentes respectivamente. Estos valores totales de accidentes se dividen según el tramo en el que se producen para cada año. La vía C-17 ha sido dividida en 18 tramos de los cuales en el Plan de Aforos desarrollado por el Departamento de Territorio y Sostenibilidad se aportan los datos de IMD para cada uno de los cinco años.

Cada uno de los tramos se define en base a su punto kilométrico inicial (pk inicial) de la vía en el cual empieza y el punto kilométrico final (pk final) en el que acaba y empieza el siguiente tramo. Los valores de IMD han sido medidos en un punto kilométrico concreto (pk medido). Los puntos kilométricos y origen y final de tramo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 1.4. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-17

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	C-33 - C-58, Barcelona	N-152a, Montcada i Reixac	5,00	0,00	6,50
2	N-152a, Montcada i Reixac	C-59, Mollet	6,72	6,50	10,74
3	C-59, Mollet	AP-7 / C-33, Parets del Vallès	14,65	10,74	15,03
4	AP-7 / C-33, Parets V.	N-152a / C-155, Granollers	17,25	15,03	18,53
5	N-152a / C-155, Granollers	C-1415b, Canovelles	19,67	18,53	22,25
6	C-1415b, Canovelles	Antiga N-152, la Garriga	25,32	22,25	31,17
7	Antiga N-152, la Garriga	Centelles	33,14	31,17	44,10
8	Centelles	BV-5303, Tona (4camins)	45,08	44,10	49,00
9	BV-5303, Tona (4camins)	N-152a, Vic (sud)	53,05	49,00	57,71
10	N-152a, Vic (enllaç sud)	C-25D, Vic	58,68	57,71	60,00
11	C-25D, Vic	C-25, Gurb (l'esperança)	60,90	60,00	61,99
12	C-25, Gurb (l'esperança)	C-17, Gurb	63,15	61,99	63,67
13	C-25, Gurb	N-152a, Gurb (Vic Nord)	64,36	63,67	65,00
14	N-152a, Gurb (Vic Nord)	C-37, Manlleu	65,57	65,00	70,00
15	C-37, Manlleu	BV-5225, Masies de Voltregà	72,00	70,00	74,67
16	BV-5225, Masies de Voltregà	C-17z, Sant Quirze de Besora	77,30	74,67	81,00
17	C-17z, Sant Quirze de Besora	Límit com. Osona-Ripollès	81,75	81,00	92,12
18	C-26, Ripoll	N-260, Ripoll	92,12	92,12	95,46

Para poder desarrollar el análisis vía HSM se ha calculado la longitud de cada tramo (L (km)) y se han recontado el número de accidentes producidos en el año concreto. Así mismo tal y como consta en el *Plan de Aforos* se ha considerado el número de carriles de cada tramo. La información referente a la longitud del tramo, los IMD anuales por tramo y el número de accidentes de cada año y tramo se reportan en la Tabla 5. Los valores de IMD aportados son variables entre años, siendo menores normalmente en 2012.

Tabla 1.5. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-17

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	6,50	4	45508	53913	55705	57267	55866	68	70	91	61	87
2	4,24	4	49199	55970	57695	57982	57554	11	21	16	14	16
3	4,29	4	61985	64999	66395	68382	69627	24	21	22	26	31
4	3,51	4	82098	83037	84540	86781	87673	29	28	31	28	39
5	3,72	4	61201	59979	61883	56362	64108	19	29	23	16	32
6	8,92	4	52368	52060	53938	52941	50284	19	21	21	29	25
7	12,93	4	32706	32029	32483	34498	26238	21	42	50	50	53
8	4,90	4	30028	29883	30498	31980	32895	3	3	4	5	4
9	8,71	4	41084	41118	42050	44073	45712	15	15	12	10	14
10	2,29	4	21998	23178	23904	25454	27039	1	1	0	0	1
11	1,99	4	23682	23295	24033	22829	22829	1	0	1	1	1
12	1,69	6	26884	30770	32408	34869	37314	1	2	2	1	1
13	1,33	4	17740	17092	17706	18646	19543	1	1	1	3	4
14	5,00	4	34889	34447	35544	37206	38304	5	8	2	4	8
15	4,67	4	15317	14472	18006	17014	17694	0	3	4	3	4
16	6,33	4	12353	11912	12788	13392	13869	3	2	2	2	7
17	11,12	4	9315	9574	9786	10137	10545	6	13	2	3	9
18	3,33	2	10079	10417	10521	10899	11290	2	1	1	3	3
Total								229	281	285	259	339

El objetivo inicial del análisis es determinar en base al *Highway Safety Manual* los tramos más peligrosos de la vía que registran un número excesivo de accidentes respecto al número de vehículos medio (IMD) que circula. Cómo se ha descrito en el apartado anterior, a valores más elevados de Intensidad Media Diaria de vehículos, más accidentes estadísticamente se producirán, y por este motivo los tramos con más accidentes no necesariamente son puntos conflictivos de la vía.

Para localizar los tramos que realmente son más peligrosos en la vía hay que calcular para cada tramo la función de predicción de accidentes (SPF), según la ecuación:

$$N_{spf} = IMD^{\beta} \cdot L \cdot e^{\alpha}$$

Donde el exponente α y el coeficiente β son los parámetros a ajustar según las condiciones base de la vía. Para poder realizar el ajuste, hace falta linealizar la ecuación y aislar las constantes a calcular:

$$\ln \frac{N_{obs}}{L} = \alpha + \beta \ln IMD$$

Donde el número de accidentes predicho (N_{spf}) se ha sustituido por el número de accidentes observado (N_{obs}) para poder realizar una regresión lineal que permita encontrar los valores de las constantes α y β . Para cada tramo se aportará un valor de la variable independiente $\ln(N_{obs}/L)$ y un valor de la variable dependiente $\ln(IMD)$ y el conjunto de todos los tramos se introducirá en la regresión. De esta forma mediante la regresión lineal se ajustará una recta de regresión al conjunto de las 18 observaciones para encontrar un valor de α y β . Dado que tanto el número de accidentes reales como la Intensidad Media Diaria de vehículos varía entre los cinco años estudiados, se calculará un valor de α y β para cada año.

Los accidentes reportados vienen también definidos según la gravedad de los mismos. La gravedad del accidente puede ser leve, grave o mortal. Así, la probabilidad de que se produzca un tipo de accidente cualquiera es más grande que la probabilidad de que se produzca un tipo de accidente de gravedad concreta. De esta forma el recuento de accidentes no se ha realizado solo en base al total de accidentes por tramo, también se ha considerado el número de accidentes según gravedad y tramo. Se ha considerado la suma de accidentes totales mostrados en la Tabla 3, y también la suma de accidentes leves por tramo y la suma de accidentes graves (Tabla 6). Los accidentes mortales serán los totales menos los graves y leves. Se obtendrán los valores de α y β correctos para los accidentes totales y para los accidentes leves, ya que tenemos datos suficientes para sacar regresiones óptimas. En el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.6. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-17

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	68	70	91	61	87	58	65	65	90	60	81	56	3	3	1	1	6	2
2	11	21	16	14	16	14	9	20	15	13	16	11	2	1	1	1	0	3
3	24	21	22	26	31	37	24	21	19	24	28	35	0	1	3	2	3	2
4	29	28	31	28	39	18	27	25	26	27	38	18	2	2	5	1	1	0
5	19	29	23	16	32	18	19	24	21	15	30	17	0	4	1	1	2	1
6	19	21	21	29	25	18	17	19	20	28	24	18	1	1	1	1	1	0
7	21	42	50	50	53	44	19	35	46	48	51	40	2	7	4	2	2	4
8	3	3	4	5	4	4	3	3	4	4	4	4	0	0	0	1	0	0
9	15	15	12	10	14	19	13	13	11	10	10	18	2	2	1	0	4	1
10	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
11	1	0	1	1	1	5	0	0	1	1	1	4	1	0	0	0	0	1
12	1	2	2	1	1	5	1	2	2	1	0	4	0	0	0	0	1	1
13	1	1	1	3	4	1	1	1	1	2	4	1	0	0	0	1	0	0
14	5	8	2	4	8	4	5	8	2	4	7	4	0	0	0	0	1	0
15	0	3	4	3	4	3	0	3	3	3	4	2	0	0	0	0	0	1
16	3	2	2	2	7	3	3	2	2	2	7	3	0	0	0	0	0	0
17	6	13	2	3	9	5	6	12	2	3	9	5	0	0	0	0	0	0
18	2	1	1	3	3	1	1	1	1	2	3	1	1	0	0	1	0	0
Σ	229	281	285	259	339	258	214	255	266	247	318	242	14	21	17	12	21	16

Uno de los criterios establecidos a la hora de realizar las regresiones es considerar el número de carriles. En los casos en que la vía tenga un grupo de tramos con un número de carriles y otro grupo de tramos con otro número de carriles, se realizarán dos regresiones para encontrar los valores de α y β que se ajusten bien a las observaciones. No obstante los grupos por los cuales se tiene que hacer la regresión no pueden tener menos de 6 observaciones (6 tramos) para tener suficientes casos para ajustar la recta.

Dado que la carretera C-17 tiene 4 carriles en todos los tramos excepto en dos, donde tiene 6 carriles en uno y 2 carriles en otro tramo, se ha realizado una sola regresión para todos los tramos. A la hora de realizar las regresiones hay que tener en cuenta que hay casos donde la observación se desvía, es decir, que la relación o proporción entre el número de accidentes de un tramo, su longitud y el IMD no sigue la tendencia del resto de tramos y por tanto su presencia en la regresión altera la tendencia de la línea (y por tanto varía el valor de α y β). Estos tramos son precisamente tramos con exceso o defecto de accidentes respecto al resto, es decir, tramos conflictivos los cuales se localizarán comparando el número observado de accidentes del tramo y el número predicho de accidentes en el tramo que se calcula en base a α y β .

La selección de los tramos que se descartan de la regresión se realiza en base al p-valor. El p-valor es un parámetro que indica cuánto significativa es una variable dependiente sobre la variable independiente, es decir, indica si la variable dependiente ($\ln(\text{IMD})$) influye en la variable independiente ($\ln(N_{\text{obs}}/L)$) y por tanto si hay una relación entre ambas. El valor típico límite establecido es un p-valor de 0,05 (es decir, que se asegura en un 95% de fiabilidad como mínimo que la variable es significativa). Valores del p-valor iguales o por debajo de 0,05 indican que la variable es estadísticamente significativa sobre la variable independiente, y valores por encima indicarán que no lo es.

De este modo, se buscarán tramos que se desvían de la línea de tendencia generada por el conjunto de tramos y se sacarán de la regresión uno por uno hasta que el p-valor del término independiente y de la variable dependiente ($\ln(\text{IMD})$) esté por debajo de 0,05 porque necesariamente tiene que influir en el valor del término independiente. Esta operación se repite con diferentes combinaciones hasta encontrar aquel conjunto de tramos que muestran un p-valor inferior al establecido y además la presencia o no de cada uno de ellos no altera excesivamente los valores de las constantes. En la Tabla 7 se muestran para cada año los valores de la interceptación, que corresponde a α , y los valores de la constante que multiplica a la variable dependiente $\ln(\text{IMD})$ que es la constante β . Concretamente estas cinco tablas corresponden al total de accidentes en cada año. Se puede observar como en todos los casos los valores del p-valor son menores a 0,05 y por tanto son influyentes en la variable independiente $\ln(N_{\text{obs}}/L)$.

Tabla 1.7. Datos de las regresiones de accidentes totales en la C-17

Total-2012	Valor	p-valor	Límite inferior	Límite superior
Intercepción	-14,082	< 0,0001	-18,941	-9,223
$\ln(\text{IMD})$	1,389	< 0,0001	0,921	1,856

Total-2013	Valor	p-valor	Límite inferior	Límite superior
Intercepción	-13,046	0,0004	-18,825	-7,267
$\ln(\text{IMD})$	1,311	0,0003	0,754	1,868

Total-2014	Valor	p-valor	Límite inferior	Límite superior
Intercepción	-16,736	< 0,0001	-22,526	-10,947
$\ln(\text{IMD})$	1,641	< 0,0001	1,085	2,197

Total-2015	Valor	p-valor	Límite inferior	Límite superior
Intercepción	-14,818	0,0001	-20,531	-9,106
$\ln(\text{IMD})$	1,467	< 0,0001	0,919	2,015

Total-2016	Valor	p-valor	Límite inferior	Límite superior
Intercepción	-11,580	0,004	-18,738	-4,422
$\ln(\text{IMD})$	1,180	0,0026	0,493	1,868

$$\ln \frac{N_{\text{obs}}}{L} = \text{Intercepción} + K \cdot \ln \text{IMD}$$

Estas regresiones, tal y como se ha descrito anteriormente se han realizado para los accidentes totales y leves con resultados correctos ya que tenemos datos suficientes. Y para los accidentes graves pueden ser erróneos dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido. Los valores de las constantes α y β para cada categoría y año se muestran en la Tabla 8. Los valores de R^2 muestran la bondad del ajuste de los puntos u observaciones en la línea de tendencia.

Tabla 1.8. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-17

Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R^2	α	β	R^2	α	β	R^2
2012	-14,08	1,39	0,78	-13,23	1,31	0,77	-3,26	0,19	0,01
2013	-13,05	1,31	0,69	-12,65	1,27	0,70	-4,16	0,28	0,01
2014	-16,74	1,64	0,77	-16,36	1,60	0,79	-21,03	1,82	0,38
2015	-14,82	1,47	0,74	-14,98	1,48	0,78	2,23	-0,33	0,07
2016	-11,58	1,18	0,51	-11,09	1,13	0,48	-11,13	0,91	0,29

Los tramos que intervienen en la regresión son los tramos 2 a 11 y 13 a 17 (se han descartado los tramos 1, 12 y 18). Los motivos por los cuales se han descartado los tramos no incluidos son, en el caso del tramo 1 porque tiene un IMD bajo para el número de accidentes que se produce, indicio de que posiblemente es un punto conflictivo y además pertenece a la zona urbana y no interurbana como el resto de tramos. En el caso de los tramos 12 y 18 se han descartado debido a que su comportamiento se aleja de la línea de tendencia y se ha observado que a diferencia de la mayor parte de la carretera, uno de estos tramos tiene 6 carriles y el otro 2.

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo mediante la ecuación anteriormente expuesta:

$$N_{spf} = IMD^{\beta} \cdot L \cdot e^{\alpha}$$

Donde la α y β serán las del año en consideración y la gravedad de los accidentes a estudiar. Por lo tanto, en base a estas ecuaciones se obtiene el número de accidentes predichos de cada tramo, año y condición de gravedad, que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 1.9. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-17

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	15	22	21	23	24	14	21	19	21	23	2	2	2	2	2
2	11	15	15	15	16	10	14	13	14	15	1	1	1	1	1
3	15	19	19	19	21	14	17	17	18	19	1	2	2	1	2
4	18	21	23	23	22	17	19	20	21	20	1	1	2	1	2
5	13	15	15	13	16	12	14	13	12	15	1	1	1	1	1
6	24	29	28	28	30	23	27	25	26	27	3	3	3	2	3
7	18	23	18	22	20	18	21	16	20	19	3	4	2	4	2
8	6	8	6	7	10	6	7	6	7	9	1	1	1	1	1
9	17	21	18	21	26	17	20	17	19	24	2	3	2	2	2
10	2	3	2	2	4	2	2	2	2	4	1	1	0	1	0
11	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	1	0	1	0
12	2	3	2	3	4	2	3	2	3	4	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
14	8	10	8	9	12	8	9	7	9	11	1	1	1	1	1
15	2	3	2	3	5	2	3	2	3	4	1	1	0	2	1
16	2	3	2	3	5	3	3	2	2	5	1	1	0	3	1
17	3	4	2	3	6	3	4	2	3	6	2	2	0	5	1
18	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1	0

Finalmente para encontrar los puntos conflictivos se calcula el Factor de Calibración general ($C_{r,g}$):

$$C_{r,g} = \frac{N_{obs}}{N_{spf}}$$

Por ello, si el valor del $C_{r,g}$ es más grande que 1 indica que se producen más accidentes en el tramo considerado que los que se esperan según la función, y por tanto que puede tratarse de un punto conflictivo. Por otro lado si el valor del $C_{r,g}$ es inferior a 1 indica que se producen menos accidentes de los esperados. Los valores de los $C_{r,g}$ por cada tramo, año y gravedad se muestran en la Tabla 10.

Los tramos 1 y 7 son puntos de concentración de accidentes dado que el número de accidentes real como mínimo triplica el esperado. En estos casos se tiene que buscar si los factores geométricos tales como ancho de carril, curva, pendiente u otras están afectando al número de accidentes que se producen. El tramo 13 presenta un $C_{r,g}$ reducido en 2012, 2013 y 2014, pero va aumentando con los años hasta llegar a triplicar al esperado; por tanto también podríamos hablar de un punto conflictivo.

Por otro lado, el tramo 17 presenta un $C_{r,g}$ muy elevado en los años 2012 y 2013 pero a partir de 2014 presenta una gran reducción de accidentes.

Respecto al resto de tramos, algunos de ellos tienen un $C_{r,g}$ superior a 1 y por tanto se producen más accidentes de los esperados. No obstante en algunos casos el número es muy próximo a 1, y en otros se observa una mejora progresiva de los accidentes que se producen con el paso de los años. Se recomienda inspeccionar especialmente los tramos 1, 5, 7, 13, 17 y 18.

Tabla 1.10. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-17

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	4,64	3,12	4,25	2,68	3,57	4,57	3,15	4,62	2,81	3,59	1,60	1,38	0,49	0,63	2,94	X
2	1,03	1,37	1,08	0,93	0,97	0,88	1,42	1,12	0,92	1,05	1,62	0,70	0,70	0,97	0,00	
3	1,62	1,11	1,17	1,34	1,49	1,71	1,22	1,12	1,31	1,47	0,00	0,66	1,61	2,02	1,82	
4	1,62	1,31	1,35	1,24	1,74	1,63	1,30	1,27	1,27	1,88	1,77	1,50	2,11	1,34	0,60	
5	1,50	1,96	1,58	1,26	1,95	1,59	1,78	1,59	1,26	1,99	0,00	3,11	0,70	1,09	1,51	R
6	0,78	0,71	0,75	1,04	0,85	0,73	0,70	0,79	1,07	0,87	0,38	0,34	0,38	0,45	0,39	
7	1,14	1,86	2,85	2,32	2,67	1,03	1,65	2,81	2,39	2,67	0,57	1,87	2,61	0,53	0,98	X
8	0,48	0,38	0,67	0,69	0,41	0,48	0,41	0,71	0,59	0,43	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	
9	0,88	0,71	0,66	0,48	0,54	0,78	0,66	0,66	0,51	0,41	0,81	0,74	0,61	0,00	1,75	
10	0,53	0,38	0,00	0,00	0,27	0,52	0,40	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	0,55	0,00	0,61	0,55	0,39	0,00	0,00	0,64	0,59	0,40	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	0,55	0,71	0,87	0,35	0,25	0,54	0,76	0,94	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,72	
13	1,23	0,98	1,50	3,34	2,77	1,18	1,02	1,56	2,40	2,83	0,00	0,00	0,00	2,12	0,00	X
14	0,64	0,83	0,25	0,43	0,67	0,65	0,89	0,27	0,46	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	
15	0,00	1,04	1,66	1,09	0,89	0,00	1,07	1,30	1,17	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16	1,29	0,66	1,07	0,76	1,53	1,19	0,67	1,11	0,82	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17	2,17	3,26	0,95	0,98	1,54	1,96	3,04	0,97	1,06	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R
18	2,16	0,75	1,40	2,94	1,59	0,98	0,76	1,44	2,12	1,58	1,39	0,00	0,00	0,71	0,00	R

Una vez calculadas las magnitudes anteriores procedemos a calcular los CMFs de la C-17, a partir de la ecuación siguiente calcularemos los CMF1, CMF2 y CMF3:

$$\ln C_{r,esp} \approx \ln \left(\frac{N_{obs}}{L \cdot IMD^{\beta} \cdot e^{\alpha}} \right) = CMF_{1r} \cdot CMF_{2r} \cdot CMF_{3r} \approx$$

$$\approx \exp \left[-\gamma(a_c - a_{c,0}) + \delta \left(1 - \frac{v_c}{v_0} \right) \left(\frac{IMD}{400} - 1 \right) + \frac{\varepsilon}{R_c} \right]$$

Donde N_{obs} es el número de accidentes observados (ver Tabla 6). Se computa la relación anterior por el número de accidentes totales y por accidentes leves de accidentes (dado que el número de accidentes graves y mortales son muy pocos por cada tramo para poder encontrar correlaciones fiables). Los valores de los CMFs se muestran en la Tabla 11.

Tabla 1.11. Valores de los CMF's y Npred para los accidentes producidos en la C-17

Tramo	Accidentes totales			Accidentes leves			Acc. predecidos totales (Npred)					Acc. predecidos leves (Npred)				
	CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	CMF _{1r}	CMF _{2r}	CMF _{3r}	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	1,00	0,93	1,26	1,00	0,93	1,16	17	26	25	27	29	15	22	21	23	24
2	1,12	0,93	0,67	1,11	0,93	0,68	7	11	10	11	12	7	10	9	10	11
3	1,00	0,93	0,62	1,00	0,93	0,64	9	11	11	11	12	8	10	10	11	11
4	1,00	1,14	0,61	1,00	1,15	0,63	13	15	16	16	16	12	14	15	15	15
5	1,33	1,14	0,75	1,31	1,15	0,75	14	17	17	15	19	13	15	15	13	17
6	1,33	1,14	0,58	1,31	1,15	0,60	22	26	25	25	26	21	24	23	24	25
7	1,00	1,40	0,97	1,00	1,41	0,93	25	31	24	29	27	24	28	21	26	25
8	1,00	1,14	0,61	1,00	1,15	0,63	4	5	4	5	7	4	5	4	5	7
9	1,00	1,40	0,63	1,00	1,41	0,64	15	19	16	18	23	15	18	15	18	22
10	1,00	0,93	0,60	1,00	0,93	0,62	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
11	1,00	0,76	0,55	1,00	0,76	0,58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1,00	0,93	0,56	1,00	0,93	0,58	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
13	1,00	1,14	0,52	1,00	1,15	0,55	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
14	1,00	0,93	0,66	1,00	0,93	0,67	5	6	5	6	7	5	6	5	5	7
15	1,00	0,76	1,08	1,00	0,76	1,02	2	2	2	2	4	2	2	2	2	3
16	1,00	1,14	0,70	1,00	1,15	0,71	2	2	1	2	4	2	2	1	2	4
20	1,00	1,14	1,02	1,00	1,15	0,97	3	5	2	4	7	3	4	2	3	7
21	1,00	1,14	1,83	1,00	1,15	1,59	2	3	1	2	4	2	2	1	2	3

Obtenidos los valores de los CMFs se procede al cálculo de los Factores de Calibración específicos ($C_{r,esp}$), mediante la ecuación:

$$C_{r,esp} = \frac{N_{obs}}{N_{spf}} \cdot \frac{1}{CMF_{1r} \cdot CMF_{2r} \cdot \dots \cdot CMF_{n,r}}$$

Los resultados se presentan en la Tabla 12. Si se compara con la Tabla 10 de Factores de Calibración generales, se observa que los valores han variado. Por ejemplo, del tramo 18 los factores se han reducido, concretamente en 2012 ha pasado de 2,16 a 1,03 para los accidentes totales. Este hecho indica que la mitad de la peligrosidad de este tramo se debería al ancho del carril, los radios de las curvas que contiene o el ancho del arcén.

Así mismo se puede observar que prácticamente todos los tramos peligrosos de la Tabla 10 (1, 5, 7, 17 y 18) han reducido su peligrosidad, definida por el C_r . En cambio, el tramo 13 ha aumentado la peligrosidad; esto explica que el peligro de este tramo de vía no es causado por ninguno de los tres casos principales (a_c , v_c , R_c).

Tabla 1.12. Factores de calibración específicos de cada tramo para la vía C-17

Tramo	Acc. predichos totales (Cr)					Acc. predichos leves (Cr)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	3,95	2,65	3,62	2,28	3,04	4,23	2,92	4,27	2,60	3,32
2	1,48	1,95	1,55	1,32	1,39	1,25	2,02	1,59	1,30	1,49
3	2,80	1,92	2,02	2,31	2,57	2,86	2,04	1,87	2,20	2,46
4	2,32	1,88	1,94	1,78	2,49	2,25	1,80	1,76	1,76	2,60
5	1,32	1,72	1,38	1,10	1,71	1,41	1,58	1,41	1,12	1,77
6	0,88	0,81	0,85	1,18	0,96	0,80	0,78	0,87	1,19	0,97
7	0,84	1,37	2,09	1,71	1,96	0,79	1,26	2,14	1,82	2,03
8	0,69	0,55	0,95	0,98	0,58	0,67	0,56	0,99	0,81	0,59
9	1,00	0,80	0,75	0,54	0,61	0,86	0,73	0,73	0,57	0,46
10	0,95	0,68	0,00	0,00	0,49	0,89	0,69	0,00	0,00	0,49
11	1,32	0,00	1,45	1,32	0,92	0,00	0,00	1,46	1,35	0,90
12	1,04	1,37	1,67	0,67	0,49	1,00	1,41	1,74	0,69	0,00
13	2,07	1,65	2,52	5,62	4,66	1,87	1,61	2,48	3,81	4,49
14	1,04	1,35	0,41	0,70	1,08	1,04	1,43	0,44	0,74	0,99
15	0,00	1,27	2,02	1,33	1,08	0,00	1,39	1,68	1,52	1,17
16	1,61	0,83	1,34	0,95	1,91	1,46	0,83	1,36	1,01	1,88
17	1,86	2,80	0,81	0,84	1,32	1,76	2,73	0,87	0,95	1,38
18	1,03	0,36	0,67	1,40	0,76	0,54	0,42	0,79	1,16	0,86

De esta forma, prestando atención en la Tabla 12 después de la corrección en base a los CMFs, la gran peligrosidad observada en la vía se encuentra en los tramos 1, 3 y 13.

1.5.2. Carretera C-31

La vía C-31, también conocida como Eje Costero es una carretera de autonomía catalana de 250 km aproximadamente, que une el Vendrell y Figueres. Está formada por cinco tramos: el Vendrell-Vilanova i la Geltrú, Sitges-Massís del Garraf, Castelldefels-Barcelona, Barcelona-Montgat y Santa Cristina d'Aro-Figueres. Se inicia en el punto kilométrico 135 y acaba en el 380.

Esta vía contiene un total de 13 radares fijos, los cuales se distribuyen especialmente en el Baix Empordà y Baix Llobregat.

La vía C-31 registra un total de 3158 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 13.

Tabla 1.13. Distribución de accidentes en la C-31 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	26	23	22	11	20	24	23	31	20	200
Febrero	40	24	23	23	25	34	22	26	29	246
Marzo	36	14	25	26	30	43	26	29	27	256
Abril	32	30	24	21	27	19	45	20	27	245
Mayo	36	20	30	29	30	28	27	32	23	255
Junio	37	17	30	24	34	32	29	31	26	260
Julio	38	39	31	38	47	44	39	32	40	348
Agosto	31	26	33	35	28	41	32	26	21	273
Septiembre	30	28	31	23	31	27	31	40	27	268
Octubre	23	36	22	22	29	32	41	32	29	266
Noviembre	29	32	19	20	32	35	32	53	48	300
Diciembre	31	28	28	15	18	28	28	31	34	241
Total	389	317	318	287	351	387	375	383	351	3158

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 402 accidentes y el año 2017 un total de 371 accidentes. Con estos datos, la vía C-31 registra un total de 3931 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El máximo número de accidentes se registra en 2016, seguido de los años 2007 y 2012. El mínimo número de accidentes se observa en 2010. Los meses en que predominan los accidentes varían según el año pero se producen especialmente en los meses de verano.

Como se disponen de los datos de IMD referentes a los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 serán los años estudiados en este punto, en los cuales se han observado 387, 375, 383, 337 y 402 accidentes respectivamente. El documento Plan de Aforos muestra un total de 26 tramos para esta vía, entre los puntos kilométricos 135,3 y 380,2. El origen y final de cada tramo, su punto kilométrico inicial y final y el punto kilométrico en el cual se mide el IMD se presenta en la Tabla 14.

Tabla 1.14. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-31

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	N-340 (el Vendrell)	inter. T-31 (variant Calafell)	137,21	135,28	140,54
2	inter. T-31 (variant Calafell)	límit com. Baix Penedès/Garraf	140,96	140,54	146,13
3	Límit com. Baix Penedès/Garraf	C-246a, Vilanova i la Geltrú	148,32	146,13	149,84
4	C-246a, Vilanova i la Geltrú	C-15, Vilanova i la Geltrú	151,04	149,84	156,50
5	C-15, Vilanova i la Geltrú	C-32/C-246a, St Pere de Ribes	156,68	156,50	157,88
6	C-32, Sitges Nord	Vallcarca	164,19	163,13	165,00
7	Vallcarca	C-32, Sitges (Les Botigues)	176,30	165,00	177,82
8	C-32, Castelldefels (La Pineda)	B-22, Viladecans (T1)	186,89	179,42	190,20
9	B-22, Viladecans (T1)	B-250, El Prat de Llobregat	193,00	190,20	195,01
10	B-250, El Prat de Llobregat	A-2, l'Hospitalet de Llobregat	195,11	195,01	198,00
11	A-2, l'Hospitalet de Llobregat	Barcelona	198,40	198,00	199,25
12	Rda. Litoral, St. Adrià del Besos	N-II, Montgat	214,71	208,58	215,78
13	N-II, Montgat	C-32/B-20, Mongat	216,60	215,78	218,07
14	C-65, Santa Cristina d'Aro	GI-662, Castell-Platja d'Aro	311,84	310,00	313,67
15	GI-662, Castell-Platja d'Aro	GI-662, Calonge	318,20	313,67	321,00
16	GI-662, Calonge	antiga C-256, Palamós	321,66	321,00	324,52
17	antiga C-256, Palamós	Mont-ras	327,70	324,52	330,60
18	Mont-ras	C-66, Palafrugell	330,66	330,60	333,50
19	C-66, Palafrugell	GI-650, Palafrugell	333,60	333,50	334,67
20	GI-650, Palafrugell	GI-653, Regencós	336,00	334,67	337,82
21	GI-653, Regencós	GIV-6502, Pals	338,00	337,82	340,00
22	GIV-6502, Pals	GI-641, Gualta	347,70	340,00	349,65
23	GI-641, Gualta	GI-632, La Tallada de l'Empordà	351,70	349,65	353,49
24	GI-632, La Tallada de l'Empordà	C-252 / GI-634, Verges	354,00	353,49	357,00
25	GI-623 (Viladamat)	GIV-6215	363,40	357,00	369,00
26	GIV-6215	N-II (el Far d'Empordà)	378,80	369,00	380,24

Para realizar las regresiones hay que conocer la longitud de los tramos, número de carriles, IMD y número de accidentes por año y tramo (Tabla 15). En esta tabla se observan valores de IMD muy variables, con valores desde 5700 vehículos diarios hasta 97000.

Tabla 1.15. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-31

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	5,25	2	17790	17775	17835	18612	19572	13	12	20	14	13
2	5,59	2	18461	19689	17468	19368	20056	8	14	13	4	2
3	3,71	2	16976	17553	17363	18595	17967	12	12	12	12	16
4	6,66	2	20621	22171	22783	23217	23760	13	13	13	17	19
5	1,38	2	25644	25638	25655	27815	19276	3	1	1	1	3
6	1,87	2	18508	18673	18262	17117	18385	10	2	7	7	8
7	12,82	2	18954	19010	18749	18799	19063	28	45	52	30	43
8	10,78	4	41016	36570	38145	40973	41481	20	14	21	19	19
9	4,81	6	77579	71656	73764	78475	75548	37	16	22	28	43
10	2,99	8	97901	94362	91076	91076	91076	42	43	45	58	49
11	1,25	8	97636	98783	95677	95677	87314	10	13	11	5	6
12	7,20	6	68227	72725	73522	74586	71940	119	140	88	74	106
13	2,29	6	55112	54134	55109	57523	57523	2	5	9	5	3
14	3,67	4	30145	31664	33982	34302	34302	6	2	4	5	3
15	7,16	2	25301	25017	26328	24566	24566	2	5	2	6	7
16	3,69	2	23824	25301	24982	26287	27933	2	1	2	3	2
17	6,08	4	24448	25889	26030	24393	24393	6	5	10	5	11
18	2,81	4	14621	14783	15343	16263	16337	1	1	1	1	5
19	1,27	2	6525	8014	8014	8332	8332	0	0	0	1	0
20	3,15	2	6980	9077	9077	9014	9014	2	2	1	2	4
21	3,32	2	6222	9046	9046	8029	8029	6	2	3	1	4
22	8,51	2	10653	9826	9909	11151	11376	11	5	13	15	10
23	3,84	2	10969	9847	11050	10788	11316	13	8	14	8	11
24	3,52	2	7656	8076	8076	8076	8076	6	3	6	3	3
25	9,18	2	5730	5552	6102	5977	6378	8	4	4	5	5
26	5,37	2	12206	13919	13493	14767	12808	7	7	9	8	7
Total								387	375	383	337	402

En el aspecto más específico se obtendrán los valores de α y β tanto para el total de accidentes como para los accidentes leves y los accidentes graves. Los accidentes por tramos, años y gravedad se muestran en la Tabla 16.

En el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.16. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-31

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	13	12	20	14	13	21	10	9	19	14	11	20	2	2	0	0	2	1
2	8	14	13	4	2	4	7	13	12	4	1	3	1	0	1	0	1	1
3	12	12	12	12	16	15	12	9	12	11	15	15	0	3	0	1	1	0
4	13	13	13	17	19	12	11	12	11	14	15	11	1	1	2	3	4	1
5	3	1	1	1	3	0	1	1	0	1	3	0	2	0	1	0	0	0
6	10	2	7	7	8	11	7	1	7	7	8	11	3	1	0	0	0	0
7	28	45	52	30	43	29	25	42	43	28	37	25	4	3	9	2	6	4
8	20	14	21	19	19	30	16	12	18	18	19	27	2	2	3	1	0	3
9	37	16	22	28	43	27	34	15	19	27	39	26	3	1	3	1	4	1
10	42	43	45	58	49	58	39	43	40	58	45	55	3	0	1	0	4	3
11	10	13	11	5	6	6	9	11	8	5	6	6	1	2	3	0	0	0
12	119	140	88	74	106	79	116	133	79	70	95	74	3	5	8	4	11	5
13	2	5	9	5	3	11	1	4	8	5	3	9	1	0	1	0	0	2
14	6	2	4	5	3	0	6	2	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0
15	2	5	2	6	7	9	2	4	1	6	7	9	0	1	1	0	0	0
16	2	1	2	3	2	3	2	1	2	3	2	3	0	0	0	0	0	0
17	6	5	10	5	11	5	5	5	7	4	9	4	1	0	2	1	2	1
18	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	4	6	0	0	0	0	1	0
19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2	2	1	2	4	9	2	2	1	2	4	9	0	0	0	0	0	0
21	6	2	3	1	4	7	6	2	3	1	3	7	0	0	0	0	1	0
22	11	5	13	15	10	9	11	4	13	11	10	9	0	0	0	4	0	0
23	13	8	14	8	11	6	13	8	14	7	10	5	0	0	0	1	1	1
24	6	3	6	3	3	2	6	1	6	2	2	2	0	2	0	1	1	0
25	8	4	4	5	5	1	7	4	3	4	3	0	0	0	1	1	2	1
26	7	7	9	8	7	11	6	6	5	7	7	9	1	1	4	1	0	2
Σ	387	375	383	337	402	371	355	345	336	316	361	345	28	24	40	21	41	26

De los 26 tramos de vía, 17 tienen dos carriles, 4 tienen cuatro carriles, 3 tienen seis carriles y 2 tienen ocho carriles. Así pues, no se pueden realizar cuatro regresiones para cada conjunto de tramos con el mismo número de carriles dado que el grupo de cuatro carriles solo tiene 4 tramos, el grupo de seis carriles solo tiene 3 tramos cada uno, y los de ocho solo tiene 2 tramos, cifras insuficientes para realizar una regresión fiable. Por este motivo se realiza una sola regresión con todos los tramos como observaciones, y se descartan aquellos que se alejan mucho de la tendencia del resto.

Solo descartando el tramo 15 es suficiente para encontrar p-valor menor que 0,05. Los valores de α y β se muestran en la Tabla 17.

Tabla 1.17. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-31

Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R^2	α	β	R^2	α	β	R^2
2012	-6,27	0,70	0,36	-5,79	0,64	0,28	-5,64	0,46	0,16
2013	-9,22	0,96	0,47	-10,01	1,03	0,50	-3,47	0,25	0,07
2014	-8,08	0,88	0,44	-7,94	0,86	0,45	-6,69	0,57	0,35
2015	-8,29	0,88	0,50	-8,94	0,94	0,54	-2,41	0,10	0,02
2016	-6,86	0,76	0,37	-7,87	0,84	0,38	-7,53	0,67	0,73

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo, los cuales se exponen en la Tabla 18.

Tabla 1.18. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-31

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	10	7	9	7	10	8	6	8	7	8	2	2	2	1	2
2	10	8	9	8	11	9	7	9	8	9	2	2	2	1	2
3	7	5	6	5	6	6	4	6	5	6	1	1	1	1	1
4	13	10	14	11	14	12	9	13	11	13	2	2	3	2	3
5	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1	0	1
6	4	2	3	2	3	3	2	3	2	3	1	1	1	0	1
7	24	17	22	18	23	21	14	21	17	20	4	5	4	3	5
8	35	27	35	31	35	29	24	32	29	33	5	4	6	3	7
9	25	23	28	24	25	19	21	26	24	24	3	2	4	1	5
10	18	19	21	17	18	14	17	19	17	18	2	2	3	1	3
11	8	8	9	7	7	6	8	8	8	7	1	1	1	0	1
12	34	35	42	35	36	27	32	38	34	35	4	4	5	2	7
13	9	8	10	9	10	7	8	9	9	9	1	1	1	1	2
14	10	8	11	9	10	8	7	10	8	9	1	1	2	1	2
15	17	12	17	13	16	14	11	16	12	14	3	3	3	2	3
16	8	6	8	7	9	7	6	8	7	8	1	1	1	1	2
17	14	11	14	11	13	12	9	13	10	12	2	2	3	1	3
18	4	3	4	4	5	4	2	4	3	4	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
20	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	1	1	1	1	1
21	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	1	1	1	1	1
22	11	6	8	8	10	10	5	8	7	9	2	3	2	2	2
23	5	3	4	3	5	4	2	4	3	4	1	1	1	1	1
24	4	2	3	2	3	3	2	3	2	3	1	1	1	1	1
25	8	4	6	5	7	7	3	6	4	6	2	2	2	2	2
26	8	5	7	6	7	7	4	7	6	6	1	2	2	1	2

Finalmente se calculan los factores de calibración (C_r) dividiendo los accidentes ocurridos entre los predichos y observando si el valor es superior a 1 y por tanto hay más accidentes de los esperados, o inferior a 1 y por tanto hay menos accidentes de los esperados. Los valores de los C_r se reportan en la Tabla 19.

Tabla 1.19. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-31

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	1,36	1,84	2,28	1,88	1,33	1,21	1,63	2,30	2,05	1,31	1,24	1,10	0,00	0,00	0,95	R
2	0,77	1,83	1,42	0,49	0,19	0,78	1,99	1,39	0,53	0,11	0,57	0,00	0,54	0,00	0,44	
3	1,83	2,64	1,98	2,28	2,47	2,12	2,34	2,11	2,28	2,72	0,00	2,34	0,00	1,17	0,71	X
4	0,97	1,27	0,94	1,48	1,32	0,96	1,37	0,85	1,31	1,20	0,46	0,41	0,79	1,92	1,32	
5	0,92	0,41	0,32	0,36	1,18	0,36	0,47	0,00	0,38	1,38	3,98	0,00	1,77	0,00	0,00	
6	2,85	0,82	2,19	2,84	2,41	2,32	0,48	2,34	3,11	2,82	5,11	1,53	0,00	0,00	0,00	X
7	1,15	2,65	2,32	1,63	1,84	1,19	2,91	2,05	1,66	1,84	0,98	0,66	2,05	0,68	1,19	R
8	0,57	0,52	0,60	0,62	0,54	0,55	0,50	0,55	0,61	0,58	0,41	0,45	0,54	0,37	0,00	
9	1,50	0,70	0,79	1,16	1,73	1,75	0,71	0,74	1,12	1,62	1,03	0,43	0,83	0,79	0,84	R
10	2,33	2,32	2,15	3,38	2,75	2,79	2,46	2,10	3,37	2,57	1,50	0,00	0,40	0,00	1,19	X
11	1,33	1,61	1,20	0,67	0,83	1,54	1,43	0,97	0,66	0,85	1,19	3,03	2,76	0,00	0,00	
12	3,53	4,03	2,11	2,14	2,95	4,34	4,13	2,07	2,04	2,75	0,73	1,42	1,49	2,12	1,59	X
13	0,22	0,60	0,87	0,57	0,31	0,13	0,53	0,85	0,58	0,33	0,85	0,00	0,69	0,00	0,00	
14	0,62	0,25	0,37	0,56	0,29	0,74	0,29	0,40	0,59	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
15	0,12	0,41	0,12	0,46	0,44	0,14	0,37	0,06	0,50	0,50	0,00	0,37	0,34	0,00	0,00	
16	0,24	0,16	0,24	0,42	0,22	0,29	0,18	0,26	0,45	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17	0,43	0,46	0,71	0,46	0,82	0,43	0,53	0,53	0,39	0,77	0,46	0,00	0,80	0,70	0,71	
18	0,22	0,34	0,24	0,28	1,10	0,26	0,41	0,26	0,31	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
19	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20	0,67	0,98	0,34	0,85	1,23	0,73	1,21	0,36	0,96	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
21	2,07	0,93	0,98	0,44	1,27	2,25	1,15	1,03	0,51	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,37	
22	1,02	0,84	1,53	1,95	0,95	1,14	0,82	1,61	1,60	1,16	0,00	0,00	0,00	2,15	0,00	R
23	2,61	2,97	3,32	2,37	2,33	2,93	3,64	3,50	2,33	2,59	0,00	0,00	0,00	1,19	0,94	X
24	1,69	1,47	2,05	1,25	0,90	1,86	0,61	2,14	0,95	0,75	0,00	1,99	0,00	1,34	1,28	R
25	1,06	1,08	0,67	1,04	0,68	1,00	1,37	0,52	0,97	0,53	0,00	0,00	0,60	0,53	1,15	
26	0,93	1,33	1,28	1,29	0,97	0,90	1,37	0,75	1,24	1,17	0,72	0,57	2,63	0,83	0,00	

Los tramos 3, 6, 10, 12 y 23 recogen un número de accidentes de, como mínimo, el doble del esperado según la función de predicción de accidentes, y por tanto requieren una revisión de las características geométricas, entorno y estado de la infraestructura. Del resto de tramos, aunque tengan un Factor de Calibración superior a 1 el número es muy próximo a 1 o con el paso de los años va mejorando, haciendo de estos tramos no urgentes respecto al resto. Los tramos que se proponen como revisión principal son los tramos 1, 7, 9, 22 y 24.

Una vez calculadas las magnitudes anteriores procedemos a calcular los CMFs de la C-31, nuevamente, a partir de la ecuaciones correspondientes se calculan los CMF_{1r} , CMF_{2r} y CMF_{3r} . Se computa la relación anterior por el número de accidentes totales y número de accidentes leves.

Se muestran en la Tabla 20. Es muy interesante ver que en esta tabla el CMF_{3r} es muy grande, cosa que explica precisamente que el tramo 12 sea tan conflictivo.

Tabla 1.20. Valores de los CMF's y Npred para los accidentes producidos en la C-31

Tramo	Accidentes totales			Accidentes leves			Acc. predecidos totales (Npred)					Acc. predecidos leves (Npred)				
	CMF_{1r}	CMF_{2r}	CMF_{3r}	CMF_{1r}	CMF_{2r}	CMF_{3r}	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	1,00	0,91	1,14	1,00	0,92	1,06	10	7	9	8	10	8	5	8	7	8
2	1,00	0,91	1,67	1,00	0,92	1,60	16	12	14	13	16	13	10	13	11	13
3	1,00	0,91	1,37	1,00	0,92	1,30	8	6	8	7	8	7	5	7	6	7
4	1,00	0,79	1,34	1,00	0,80	1,26	14	11	15	12	15	12	9	13	11	13
5	1,01	0,79	1,21	1,01	0,80	1,13	3	2	3	3	2	3	2	3	2	2
6	1,19	0,69	1,21	1,19	0,70	1,13	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3
7	1,01	0,79	1,21	1,01	0,80	1,13	24	16	22	18	23	19	13	19	15	18
8	1,02	0,91	1,14	1,02	0,92	1,06	37	28	37	32	38	29	24	32	29	32
9	1,01	1,14	1,20	1,01	1,13	1,12	34	32	39	34	34	25	27	33	31	31
10	0,90	0,81	1,37	0,90	0,82	1,30	18	19	21	17	18	13	17	18	17	17
11	1,02	0,79	2,14	1,02	0,80	2,09	13	14	16	13	12	10	13	14	13	12
12	1,05	0,69	5,84	1,05	0,70	6,10	142	146	176	146	151	120	144	171	154	155
13	1,00	0,79	1,14	1,00	0,80	1,06	8	7	9	8	9	6	6	8	7	8
14	1,00	0,79	1,12	1,00	0,80	1,04	9	7	10	8	9	7	6	8	7	8
15	1,00	0,79	1,14	1,00	0,80	1,06	15	11	15	12	14	12	9	13	10	12
16	1,00	0,79	1,12	1,00	0,80	1,04	7	6	7	6	8	6	5	6	6	7
20	1,00	0,91	1,24	1,00	0,92	1,16	3	2	3	3	4	3	2	3	2	3
21	1,00	0,91	1,30	1,00	0,92	1,22	3	3	4	3	4	3	2	3	2	3
22	1,00	0,91	1,32	1,00	0,92	1,24	13	7	10	9	13	11	6	9	8	10
23	1,00	0,69	1,12	1,00	0,70	1,04	4	2	3	3	4	3	2	3	2	3
24	1,01	0,84	1,17	1,01	0,84	1,09	4	2	3	2	3	3	2	3	2	2
25	1,00	0,71	1,10	1,00	0,72	1,02	6	3	5	4	6	5	2	4	3	4
26	1,00	0,91	1,30	1,00	0,92	1,22	9	6	8	7	9	7	5	7	6	7

Se puede observar que el tramo 12 que resultaba muy conflictivo (Tabla 19) con unos valores de Cr generales de entre 2,04 y 4,34 tienen un CMF_{3r} (asociado a las curvas) muy elevado con valores de entre 5,84 y 6,10. De hecho, analizando en profundidad este tramo se observa una curva de radio 20 metros, el que indica que esta curva tan cerrada puede ser el motivo del gran número de accidentes del tramo.

Finalmente basándose en la ecuación correspondiente se calculan los Factores de Calibración específicos, los cuales se muestran en la Tabla 21.

Tabla 1.21. Factores de calibración específicos de cada tramo para la vía C-31

Tramo	Acc. predichos totales (Cr)					Acc. predichos leves (Cr)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	1,31	1,78	2,19	1,81	1,28	1,25	1,68	2,37	2,11	1,35
2	0,50	1,20	0,93	0,32	0,12	0,53	1,36	0,95	0,36	0,07
3	1,47	2,12	1,59	1,83	1,98	1,78	1,97	1,77	1,91	2,28
4	0,91	1,20	0,89	1,40	1,25	0,95	1,35	0,85	1,30	1,19
5	0,95	0,42	0,33	0,37	1,22	0,40	0,52	0,00	0,42	1,51
6	2,88	0,83	2,22	2,87	2,44	2,46	0,51	2,48	3,30	3,00
7	1,19	2,74	2,40	1,69	1,90	1,30	3,18	2,24	1,82	2,02
8	0,53	0,49	0,56	0,59	0,51	0,56	0,51	0,56	0,62	0,59
9	1,08	0,51	0,57	0,84	1,25	1,37	0,55	0,58	0,87	1,26
10	2,32	2,31	2,14	3,37	2,74	2,90	2,56	2,19	3,50	2,67
11	0,77	0,93	0,70	0,39	0,48	0,90	0,84	0,57	0,39	0,50
12	0,84	0,96	0,50	0,51	0,70	0,97	0,92	0,46	0,45	0,61
13	0,24	0,67	0,97	0,63	0,35	0,16	0,62	1,00	0,69	0,39
14	0,70	0,28	0,42	0,63	0,32	0,89	0,34	0,48	0,71	0,38
15	0,13	0,45	0,13	0,51	0,49	0,17	0,44	0,08	0,58	0,59
16	0,27	0,18	0,27	0,48	0,25	0,34	0,22	0,31	0,54	0,30
20	0,59	0,87	0,30	0,75	1,09	0,69	1,14	0,34	0,90	1,44
21	1,75	0,79	0,83	0,38	1,07	2,01	1,03	0,92	0,45	1,07
22	0,85	0,70	1,27	1,62	0,79	1,00	0,72	1,42	1,41	1,02
23	3,39	3,86	4,32	3,08	3,03	4,03	5,00	4,81	3,20	3,55
24	1,71	1,49	2,07	1,26	0,91	2,00	0,65	2,30	1,02	0,81
25	1,36	1,39	0,86	1,34	0,88	1,36	1,87	0,71	1,32	0,72
26	0,79	1,12	1,08	1,09	0,82	0,81	1,22	0,67	1,11	1,04

De esta forma, prestando atención a la Tabla 21 y comparándola con la Tabla 19 los valores de Cr específico del tramo 12 son muy menores que los generales de la tabla anterior, logrando en este caso después de la corrección en base a los CMFs valores inferiores a 1. Así pues, la gran peligrosidad observada en la vía en comparación con el que se tendría que esperar se debe primordialmente a la presencia de una curva muy cerrada, hecho que se observa en el CMF_{3r} del tramo 12.

1.5.3. Carretera C-16

La vía C-16 es una autopista administrada por la Generalitat de Catalunya desde la Ronda Norte de Barcelona hasta Berga sur, con una longitud de 97 km. La vía está dividida en dos tramos principales; un primer tramo de 56 km que consiste en una autopista de peaje de Barcelona a Manresa, y un segundo tramo de 40 km que es una autovía en servicio de Manresa a Berga.

Esta vía tiene un total de seis radares, tres en sentido Bages y tres en sentido Berguedà.

La vía C-16 registra un total de 1174 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 22.

Tabla 1.22. Distribución de accidentes en la C-16 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	7	21	15	13	9	8	12	8	9	102
Febrero	7	7	12	11	9	12	8	9	4	79
Marzo	10	9	10	10	6	10	12	6	14	87
Abril	16	9	13	7	8	15	16	9	11	104
Mayo	19	14	7	13	17	8	15	17	9	119
Junio	8	10	15	19	13	9	7	11	9	101
Julio	9	12	11	12	9	7	8	11	11	90
Agosto	11	6	12	14	5	13	14	12	9	96
Septiembre	7	10	6	11	12	7	8	9	10	80
Octubre	8	13	14	18	16	12	11	8	6	106
Noviembre	13	7	17	12	20	11	12	10	5	107
Diciembre	10	17	25	15	8	7	9	4	8	103
Total	125	135	157	155	132	119	132	114	105	1174

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 108 accidentes y el año 2017 un total de 123 accidentes. Con estos datos, la vía C-16 registra un total de 1405 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El año con más accidentes es el 2009, seguido del año 2010. El mínimo número de accidentes se observa en 2015. No se observan meses en que predominen los accidentes respecto al resto; la tendencia según los meses va cambiando en función del año.

Los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 objeto de estudio registran un total de 119, 132, 114, 105 y 108 accidentes respectivamente. El Plan de Aforos muestra un total de 21 tramos para esta vía, entre los puntos kilométricos 1,9 y 134,2. El origen y final de cada tramo, su punto kilométrico inicial y final y el punto kilométrico en el cual se mide el IMD se presenta en la Tabla 23.

Tabla 1.23. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-16

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	B-20, Barcelona (Via Augusta)	BV-1462, St. Cugat del Vallès	7,10	1,88	7,20
2	BV-1462 PK 8,680	BV-1462, St. Cugat del Vallès	7,93	7,20	8,00
3	BV-1462 PK 10,250	enllaç St Cugat Vallès (Mirasol)	8,60	8,00	10,00
4	enllaç St Cugat Vallès (Mirasol)	enllaç AP-7	10,90	10,00	13,38
5	enllaç AP-7	enllaç C-58 (fi Conc.)	17,85	13,38	20,88
6	enllaç C-58 (fi Conc.)	Terrassa (inici concessió)	22,88	20,88	23,79
7	C-58, Terrassa	B-245, Viladecavalls	25,00	23,79	26,50
8	B-245, Viladecavalls	C-55, Castellbell i el Vilar	26,50	26,50	42,00
9	Castellbell	Manresa	46,00	42,00	57,00
10	Enllaç C-16C	C-25	57,30	57,00	61,00
11	C-25	Sallent	61,40	61,00	65,00
12	Sallent	Sallent	65,30	65,00	72,00
13	Enllaç Balsareny	Navàs Nord	72,30	72,00	80,00
14	Enllaç Navàs Nord	Puig-reig Nord	80,10	80,00	86,77
15	Enllaç Puig-reig Nord	Gironella Nord	89,30	86,77	90,29
16	Enllaç Gironella Nord	Berga sud (C-26)	96,10	90,29	96,19
17	Enllaç Berga sud	BV-4022 (Central tèrmica)	101,52	96,19	107,71
18	BV-4022 (Central tèrmica)	Bagà	112,28	107,71	117,00
19	Bagà	Túnel del Cadí (límit provincial)	123,90	117,00	126,02
20	Túnel del Cadí (Límit provincial)	C-162 (Bellver de Cerdanya)	129,99	126,02	133,00
21	Sep. C-16/E-9 (túnel del Cadí)	N-1411 (Bellver de Cerdanya)	133,00	133,00	134,16

Así mismo el número de carriles, el IMD y el número de accidentes por año y tramo (Tabla 24).

Tabla 1.24. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-16

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	5,32	4	22842	25922	26420	27889	27889	16	12	8	8	9
2	0,80	4	36748	35045	35427	35427	35427	0	6	0	0	1
3	2,00	4	31771	29843	30265	30265	30265	2	7	3	6	5
4	3,38	4	25651	24191	24531	24531	24531	4	5	6	6	5
5	7,50	4	21220	19313	19619	19619	19619	10	9	10	6	8
6	2,91	4	105487	102197	54102	57696	59440	4	4	1	2	4
7	2,72	4	22683	22739	55928	24099	24426	3	1	4	1	3
8	15,50	4	12710	13318	13318	14095	16380	3	4	3	10	12
9	15,00	4	13442	11228	12392	12392	15378	4	4	5	4	3
10	4,00	4	27166	26272	27039	28044	28452	1	5	3	4	4
11	4,00	4	25345	26276	26538	27296	27950	5	3	4	4	10
12	7,00	4	20135	20950	21215	22004	22694	4	3	6	5	2
13	8,00	4	15177	15828	16057	16755	17358	8	7	6	2	6
14	6,77	4	13568	14208	14509	15159	15722	4	2	3	6	2
15	3,52	4	14956	15568	15938	16803	17342	1	1	3	4	5
16	5,90	4	18124	17908	19377	19377	19377	6	7	6	6	10
17	11,52	2	11817	10613	10763	12174	11921	22	25	19	13	9
18	9,30	2	6445	8111	8111	8293	10384	17	19	22	12	5
19	9,02	2	5631	5732	5959	6089	6089	4	5	1	5	5
20	6,99	2	5631	5732	5959	6089	6089	1	3	1	0	0
21	1,16	2	2520	2542	2701	2701	2701	0	0	0	1	0
Total								119	132	114	105	108

Así mismo se obtendrán los valores de α y β tanto para el total de accidentes como para los accidentes leves y los accidentes graves. Los accidentes por tramos, años y gravedad se muestran en la Tabla 25.

Asumo que en el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.25. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-16

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	16	12	8	8	9	15	12	10	6	6	8	14	2	2	2	2	1	1
2	0	6	0	0	1	1	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
3	2	7	3	6	5	3	0	7	2	6	4	3	2	0	1	0	1	0
4	4	5	6	6	5	7	4	2	5	5	4	7	0	3	1	1	1	0
5	10	9	10	6	8	6	9	9	9	6	8	6	1	0	0	0	0	0
6	4	4	1	2	4	10	3	4	2	2	4	10	1	0	0	0	0	0
7	3	1	4	1	3	2	2	1	4	1	3	2	1	0	0	0	0	0
8	3	4	3	10	12	9	3	4	2	8	12	9	0	0	1	2	0	0
9	4	4	5	4	3	7	3	3	5	4	3	7	1	1	0	0	0	0
10	1	5	3	4	4	6	0	5	3	4	3	5	1	0	0	0	1	1
11	5	3	4	4	10	5	4	3	3	4	10	5	1	0	0	0	0	0
12	4	3	6	5	2	2	4	1	6	5	2	1	0	1	0	0	0	1
13	8	7	6	2	6	10	8	7	5	2	6	7	0	0	0	0	0	3
14	4	2	3	6	2	3	4	2	3	6	2	3	0	0	0	0	0	0
15	1	1	3	4	5	3	1	1	5	3	4	3	0	0	0	1	1	0
16	6	7	6	6	10	2	6	6	4	4	10	2	0	0	0	2	0	0
17	22	25	19	13	9	15	20	22	15	12	9	14	2	1	3	1	0	1
18	17	19	22	12	5	12	12	17	18	10	4	9	5	1	4	2	1	3
19	4	5	1	5	5	3	4	5	1	3	4	2	0	0	0	2	1	1
20	1	3	1	0	0	2	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	119	132	114	105	108	123	100	117	99	92	101	111	17	10	12	13	7	12

De los 21 tramos en que se divide la vía, los 16 primeros son de cuatro carriles y los 5 últimos son de dos carriles. Dado que cinco observaciones son pocas para una regresión fiable, se realiza un solo ajuste con todos los tramos juntos.

Se han descartado tres tramos: el 6, el 10 y el 18. De esta forma el p-valor es menor a 0,05. Los valores de α y β se muestran en la Tabla 26.

Tabla 1.26. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-16

Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R ²	α	β	R ²	α	β	R ²
2012	-10,79	1,08	0,39	-10,63	1,06	0,36	-20,50	1,92	0,61
2013	-10,08	1,02	0,28	-8,75	0,86	0,19	-24,21	2,32	0,82
2014	-12,45	1,24	0,62	-11,74	1,15	0,55	-12,72	1,15	0,44
2015	-3,11	0,30	0,08	-3,57	0,34	0,10	-6,70	0,54	0,25
2016	-9,07	0,91	0,26	-9,45	0,94	0,30	-8,04	0,67	0,62

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo, los cuales se exponen en la Tabla 27.

Tabla 1.27. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-16

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
1	6	7	6	5	7	5	5	5	5	6	2	3	2	2	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	3	1	1	1	1	1
4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	4	1	1	1	1	1
5	7	7	6	7	7	7	6	5	6	7	2	2	2	2	2
6	16	15	8	4	7	14	10	7	3	7	17	36	2	1	2
7	3	3	8	3	3	3	2	7	2	3	1	1	2	1	1
8	9	10	8	12	12	8	9	7	11	11	2	2	2	3	3
9	9	8	7	11	11	8	7	6	10	10	2	1	2	3	3
10	5	5	5	4	5	5	4	4	3	5	2	2	1	1	1
11	5	5	5	4	5	4	4	4	3	5	2	2	1	1	1
12	6	7	6	6	7	6	6	6	6	7	2	2	2	2	2
13	5	6	5	7	7	5	5	5	6	6	1	1	2	2	2
14	4	5	4	5	5	4	4	3	5	5	1	1	1	1	1
15	2	3	2	3	3	2	2	2	3	3	0	1	1	1	1
16	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1
17	6	6	5	9	7	6	5	4	8	6	1	1	1	2	2
18	2	4	3	6	5	2	3	2	5	4	0	0	1	1	2
19	2	3	2	6	3	2	3	2	5	3	0	0	1	1	1
20	2	2	1	4	2	2	2	1	4	2	0	0	0	1	1
21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para acabar se calculan los factores de calibración (C_r) con la relación de accidentes observados y accidentes predichos. Se analiza si el valor es superior a 1 y por tanto hay más accidentes de los esperados, o inferior a 1 y por tanto hay menos accidentes de los esperados. Los valores de los C_r se reportan en la Tabla 28.

Tabla 1.28. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-16

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	2,87	1,73	1,26	1,55	1,33	2,32	1,84	1,11	1,29	1,24	1,22	0,73	1,07	1,24	0,58	R
2	0,00	4,23	0,00	0,00	0,79	0,00	4,71	0,00	0,00	0,82	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	
3	0,67	2,32	1,06	3,02	1,82	0,00	3,03	0,84	3,35	1,53	1,72	0,00	1,22	0,00	1,47	X
4	1,00	1,22	1,63	1,91	1,30	1,08	0,61	1,58	1,77	1,10	0,00	2,03	0,92	1,05	1,00	R
5	1,38	1,24	1,61	0,92	1,15	1,34	1,51	1,66	1,03	1,23	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	R
6	0,25	0,26	0,12	0,57	0,54	0,21	0,41	0,29	0,62	0,56	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	1,06	0,32	0,48	0,40	0,97	0,76	0,40	0,61	0,44	1,03	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	0,35	0,39	0,38	0,82	0,98	0,37	0,45	0,28	0,74	1,05	0,00	0,00	0,40	0,62	0,00	
9	0,45	0,48	0,71	0,35	0,27	0,36	0,40	0,78	0,40	0,29	0,60	0,90	0,00	0,00	0,00	
10	0,20	0,95	0,61	1,03	0,77	0,00	1,21	0,72	1,14	0,61	0,58	0,00	0,00	0,00	0,77	
11	1,07	0,57	0,83	1,04	1,95	0,92	0,72	0,73	1,15	2,06	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	0,62	0,41	0,94	0,79	0,27	0,67	0,17	1,08	0,89	0,29	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	
13	1,48	1,11	1,16	0,30	0,90	1,59	1,31	1,09	0,34	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
14	0,99	0,42	0,78	1,10	0,39	1,05	0,49	0,87	1,25	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
15	0,43	0,37	1,33	1,37	1,71	0,46	0,43	2,50	1,16	1,47	0,00	0,00	0,00	1,23	1,21	R
16	1,25	1,33	1,25	1,17	1,85	1,34	1,37	0,95	0,88	1,97	0,00	0,00	0,00	1,36	0,00	
17	3,71	4,13	4,20	1,50	1,33	3,58	4,03	3,61	1,58	1,43	2,00	1,34	2,08	0,45	0,00	X
18	6,83	5,11	8,55	1,92	1,04	5,05	4,87	7,43	1,85	0,90	19,90	3,09	4,74	1,36	0,65	X
19	1,92	1,97	0,59	0,90	1,74	2,00	1,99	0,61	0,64	1,53	0,00	0,00	0,00	1,66	0,96	
20	0,62	1,53	0,76	0,00	0,00	0,65	1,54	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
21	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Los tramos más peligrosos son el 17 y 18, con un Factor de Calibración general de hasta ocho veces superior. Estos tramos son los primeros que se tienen que inspeccionar, junto con el 3 que en el año 2015 reportó más del triple de accidentes esperados. Seguidamente se recomienda analizar los el tramo 15 que desde el año 2014 al 2016 ha incrementado el número de accidentes gradualmente. También deberíamos revisar el tramo 1, 4 y 5 que en algunos años tienen Factores de Calibración próximos al doble de accidentes esperados.

1.5.4. Carretera C-32

La vía C-32 es una autopista de peaje administrada por la Generalitat de Catalunya y tiene una longitud de 132 km. Esta carretera está dividida en dos tramos; el ramal sur que va del Vendrell a Barcelona y tiene una longitud de 56 km, y el ramal norte de Barcelona a Lloret de mar de 66 km.

Esta vía tiene un total de cuatro radares, tres de los cuales se encuentran en sentido Baix Llobregat y uno en sentido Baix Penedès.

La vía C-31 registra un total de 2140 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 29.

Tabla 1.29. Distribución de accidentes en la C-32 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	13	19	12	20	12	18	15	12	18	139
Febrero	16	18	15	22	16	19	15	17	21	159
Marzo	25	13	17	16	20	24	22	18	14	169
Abril	13	14	15	22	17	16	32	14	14	157
Mayo	19	26	17	17	16	28	21	17	28	189
Junio	21	25	27	17	22	25	17	25	28	207
Julio	29	25	27	34	31	28	26	28	16	244
Agosto	19	12	10	22	19	24	17	11	17	151
Septiembre	17	17	15	18	23	20	17	28	27	182
Octubre	16	18	16	21	24	16	14	20	25	170
Noviembre	24	18	14	21	22	16	17	24	28	184
Diciembre	17	15	22	31	21	22	11	25	25	189
Total	229	220	207	261	243	256	224	239	261	2140

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 325 accidentes y el año 2017 un total de 285 accidentes. Con estos datos, la vía C-32 registra un total de 2750 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El máximo número de accidentes se registra en 2016, seguido del año 2017 y 2015. El mínimo número de accidentes se observa en 2009. El mes que predomina es julio, el cual registra en gran parte de los años el máximo número de accidentes.

Para los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 de estudio registran un total de 256, 224, 239, 262 y 325 accidentes respectivamente. El Plan de Aforos muestra un total de 23 tramos para esta vía, entre los puntos kilométricos 1,78 y 134,5. El origen y final de cada tramo, su punto kilométrico inicial y final y el punto kilométrico en el cual se mide el IMD se presenta en la Tabla 30.

Tabla 1.30. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-32

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	AP-7, el Vendrell (N-340)	enllaç Calafell, C-31	1,78	1,78	6,00
2	enllaç Calafell, C-31	enllaç Segur de Calafell	6,21	6,00	10,00
3	enllaç Segur de Calafell	límit com. Baix Penedès/Garraf	10,00	10,00	12,38
4	Límit com. Baix Penedès/Garraf	C-31, Cubelles	13,44	12,38	13,50
5	C-31, Cubelles	C-15, Vilanova i la Geltrú	13,82	13,50	21,50
6	C-15, Vilanova i la Geltrú	C-31, Sant Pere de Ribes	21,56	21,50	26,00
7	C-31, Sant Pere de Ribes	C-31, Sitges Nord	30,98	26,00	31,00
8	C-31, Sitges Nord	C-31, Les Botigues	35,00	31,00	41,60
9	C-31, Les Botigues	C-31, Castelldefels	44,00	41,60	45,00
10	C-31, Castelldefels	C-234, Gavà	47,00	45,00	49,10
11	C-31 Castelldefels (sud)	A-16 (St. Boi Ll.)	50,03	49,10	55,64
12	Nus del Llobregat	sortida 13 (av. Electricitat)	60,14	58,96	63,05
13	B-20 (Pota nord, Montgat)	accés Alella	85,10	84,29	86,10
14	accés Alella	Mataró sud	92,03	86,10	95,00
15	Mataró sud	Mataró S/N-II	95,53	95,00	96,50
16	Mataró S/N-II	enllaç C-60	97,00	96,50	99,00
17	enllaç C-60	accés Mataró (BV-5032)	99,87	99,00	100,00
18	accés Mataró (BV-5032)	Mataró N/N-II	100,54	100,00	104,00
19	Mataró N/N-II	St. Andreu de Llavaneres	103,57	104,00	106,00
20	St. Andreu de Llavaneres	Canet de Mar	105,20	106,00	111,50
21	Canet de Mar	N-II (Calella)	113,59	111,50	122,25
22	N-II (Calella)	N-II (Palafolls)	122,60	122,25	130,75
23	N-II (Palafolls)	Límit comarcal el Maresme	133,00	130,75	134,50

Para realizar las regresiones hay que conocer la longitud de los tramos, número de carriles, IMD y número de accidentes por año y tramo (Tabla 31).

Tabla 1.31. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-32

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	4,22	4	13693	11888	13389	14149	14149	0	3	4	2	5
2	4,00	4	15094	14176	14551	15414	15414	1	0	0	0	1
3	2,38	4	16160	15074	15461	16275	16275	1	2	0	2	1
4	1,12	4	16160	15691	15461	16276	16276	2	0	1	0	1
5	8,00	4	16209	15691	16091	16870	16870	2	4	3	3	1
6	4,50	4	19182	17912	18275	19183	19183	4	3	2	8	6
7	5,00	4	41905	38343	44128	44332	44332	8	13	10	10	17
8	10,60	4	29996	28144	29118	30537	30537	10	5	8	9	6
9	3,40	4	48041	46497	48087	49843	49843	13	6	10	12	15
10	4,10	4	34500	33378	34631	35997	35997	7	7	13	15	22
11	6,54	6	96448	93730	83027	83027	121495	45	35	39	48	56
12	4,09	6	124359	125868	127209	129994	129105	59	47	54	54	80
13	1,81	6	86230	84361	85149	88341	88341	6	3	5	6	8
14	8,90	6	72512	70802	78849	82054	82054	18	18	20	18	16
15	1,50	6	50635	49241	71906	74882	74882	5	4	3	1	0
16	2,50	6	72997	71503	72691	75318	75318	15	13	10	17	24
17	1,00	6	88909	87223	88360	91639	91639	15	17	16	12	15
18	4,00	6	65744	64618	66277	69341	69341	10	4	8	12	7
19	2,00	6	45717	43549	44483	46607	46607	2	2	2	3	3
20	5,50	6	39781	37953	38819	40681	40681	10	12	11	6	19
21	10,75	6	37528	33750	34809	39214	39214	12	20	13	17	16
22	8,50	6	17366	17333	17133	17823	17823	7	5	3	2	4
23	3,75	6	9243	9937	9751	9909	9909	4	1	4	5	2
Total								256	224	239	262	325

En el aspecto más específico se obtendrán los valores de α y β tanto para el total de accidentes como para los accidentes leves y los accidentes graves. Los accidentes por tramos, años y gravedad se muestran en la Tabla 32.

Cabe señalar que en el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.32. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-32

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	0	3	4	2	5	3	0	1	3	2	5	3	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
3	1	2	0	2	1	0	1	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
4	2	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	2	4	3	3	1	3	2	3	3	3	1	3	0	0	0	0	0	0
6	4	3	2	8	6	5	4	3	1	8	4	5	0	0	0	0	2	0
7	8	13	10	10	17	5	7	13	8	9	15	5	1	0	2	1	2	0
8	10	5	8	9	6	3	9	5	6	9	5	3	1	0	1	0	1	0
9	13	6	10	12	15	11	12	6	10	11	13	10	1	0	0	1	2	1
10	7	7	13	15	22	14	6	7	12	14	21	14	1	0	1	1	1	0
11	45	35	39	48	56	47	44	32	38	41	54	45	1	3	1	7	2	2
12	59	47	54	54	80	76	57	45	49	48	78	74	2	2	5	6	2	2
13	6	3	5	6	8	11	6	2	4	6	8	10	0	1	1	0	0	1
14	18	18	20	18	16	17	18	17	20	16	15	16	0	1	0	2	1	1
15	5	4	3	1	0	1	5	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0
16	15	13	10	17	24	28	14	12	10	15	24	28	1	1	0	2	0	0
17	15	17	16	12	15	11	14	16	14	12	14	11	1	1	2	0	1	0
18	10	4	8	12	7	8	10	2	8	11	6	8	0	2	0	1	1	0
19	2	2	2	3	3	1	1	2	2	3	3	1	1	0	0	0	0	0
20	10	12	11	6	19	19	9	10	10	6	19	17	1	2	1	0	0	2
21	12	20	13	17	16	17	11	19	12	15	14	17	1	0	1	2	2	0
22	7	5	3	2	4	2	7	4	3	2	4	2	0	1	0	0	0	0
23	4	1	4	5	2	2	3	1	4	5	2	2	1	0	0	0	0	0
Σ	256	224	239	262	325	285	243	206	221	239	308	276	13	14	15	23	17	9

De los 23 tramos de vía, los 10 primeros tienen cuatro carriles y los 13 restantes tienen seis carriles. En este caso se pueden realizar dos regresiones, una para los tramos de cuatro carriles y otra para los tramos de seis carriles porque se tienen suficientes observaciones. No se descarta ningún tramo dado que los resultados son significativos. Los valores de las constantes se muestran en la Tabla 33 y la Tabla 34.

Tabla 1.33. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-32 en tramos de 4 carriles

4 CARRILES									
Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R ²	α	β	R ²	α	β	R ²
2012	-16,04	1,58	0,60	-14,85	1,46	0,55	-21,87	1,92	0,64
2013	-9,21	0,91	0,51	-14,23	1,39	0,69			
2014	-12,45	1,24	0,59	-13,60	1,33	0,52	-37,00	3,38	0,93
2015	-14,07	1,41	0,64	-13,27	1,33	0,62	-5,65	0,40	0,12
2016	-19,16	1,90	0,54	-18,36	1,82	0,52	-5,34	0,40	0,04

Tabla 1.34. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-32 en tramos de 6 carriles

6 CARRILES									
Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R^2	α	β	R^2	α	β	R^2
2012	-10,31	1,05	0,60	-11,32	1,13	0,59	-4,43	0,30	0,10
2013	-13,57	1,33	0,67	-13,28	1,29	0,57	-9,32	0,75	0,38
2014	-11,21	1,11	0,59	-10,88	1,08	0,58	-21,50	1,85	0,59
2015	-11,18	1,11	0,46	-10,82	1,07	0,46	-20,18	1,73	0,55
2016	-13,49	1,34	0,71	-13,36	1,32	0,69	-10,12	0,79	0,20

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo, los cuales se exponen en la Tabla 35.

Tabla 1.35. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-32

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0	0	0	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	1	1
3	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
5	4	5	5	6	4	4	4	4	6	4	0	0	0	1	2
6	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	0	0	0	1	1
7	11	8	11	14	17	10	8	10	13	15	1	0	2	1	2
8	14	12	14	17	18	13	11	12	16	16	1	0	1	2	3
9	9	6	9	11	14	8	7	7	10	12	1	0	2	1	1
10	7	5	7	8	9	6	6	6	8	8	1	0	1	1	1
11	36	33	27	25	58	34	28	25	23	55	2	3	4	4	3
12	30	31	27	26	39	29	25	25	23	37	2	2	5	5	2
13	9	8	8	7	10	8	7	7	7	10	1	1	1	1	1
14	37	31	34	34	47	34	26	32	31	45	3	4	4	5	3
15	4	3	5	5	7	4	3	5	5	7	0	0	1	1	0
16	10	9	9	9	12	10	8	8	8	11	1	1	1	1	1
17	5	5	4	4	6	5	4	4	4	6	0	0	1	1	0
18	15	12	13	13	17	14	11	12	12	16	1	1	1	2	1
19	5	4	4	4	5	5	3	4	4	5	1	1	0	0	0
20	12	8	10	10	11	11	7	9	9	11	2	1	1	1	1
21	22	14	17	18	21	19	12	16	17	20	3	2	1	2	2
22	8	5	6	6	6	6	4	6	6	6	2	1	0	0	1
23	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Finalmente se calculan los factores de calibración generales ($C_{r,g}$) dividiendo los accidentes ocurridos entre los predichos y observando si el valor es superior a 1 y por tanto hay más accidentes de los esperados, o inferior a 1 y por tanto hay menos accidentes de los esperados. Los valores de los $C_{r,g}$ se reportan en la Tabla 36.

Tabla 1.36. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-32

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	0,00	1,36	1,84	0,87	3,09	0,00	0,74	1,78	0,86	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R
2	0,57	0,00	0,00	0,00	0,55	0,57	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	0,86	1,29	0,00	1,27	0,84	0,87	1,90	0,00	1,27	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	3,66	0,00	1,45	0,00	1,79	3,68	0,00	1,84	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	R
5	0,51	0,74	0,58	0,54	0,23	0,51	0,80	0,73	0,54	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	1,39	0,88	0,59	2,13	1,95	1,43	1,18	0,37	2,15	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1,87	
7	0,73	1,71	0,89	0,74	1,01	0,72	1,60	0,82	0,72	1,03	0,86	0,00	0,91	0,81	1,21	
8	0,73	0,41	0,56	0,53	0,34	0,71	0,45	0,50	0,56	0,32	0,77	0,00	0,87	0,00	0,33	
9	1,40	0,97	1,17	1,10	1,05	1,49	0,83	1,34	1,11	1,06	0,98	0,00	0,00	1,14	1,69	
10	1,06	1,27	1,90	1,81	2,37	1,00	1,27	2,06	1,80	2,57	1,53	0,00	1,26	1,08	0,80	R
11	1,24	1,06	1,45	1,92	0,96	1,28	1,15	1,51	1,76	0,98	0,42	0,94	0,28	1,86	0,74	
12	2,00	1,54	2,00	2,10	2,03	1,99	1,77	1,97	2,05	2,09	1,25	0,81	1,01	1,17	1,13	R
13	0,67	0,38	0,66	0,81	0,76	0,72	0,30	0,56	0,87	0,80	0,00	1,23	0,96	0,00	0,00	
14	0,49	0,58	0,58	0,54	0,34	0,53	0,64	0,62	0,51	0,34	0,00	0,29	0,00	0,40	0,37	
15	1,18	1,24	0,57	0,20	0,00	1,31	1,43	0,61	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16	1,45	1,47	1,13	1,98	2,05	1,46	1,60	1,20	1,87	2,14	1,20	1,01	0,00	1,64	0,00	
17	2,95	3,70	3,64	2,82	2,46	2,92	4,12	3,41	3,04	2,41	2,82	2,17	3,25	0,00	3,04	X
18	0,67	0,32	0,63	0,96	0,42	0,73	0,19	0,66	0,94	0,37	0,00	1,36	0,00	0,59	0,95	
19	0,39	0,55	0,49	0,74	0,61	0,22	0,63	0,51	0,78	0,63	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	
20	0,83	1,43	1,14	0,63	1,68	0,85	1,37	1,08	0,66	1,74	0,65	1,47	1,35	0,00	0,00	
21	0,54	1,43	0,78	0,95	0,76	0,57	1,54	0,74	0,87	0,69	0,34	0,00	0,84	1,18	1,10	
22	0,90	1,09	0,50	0,34	0,69	1,09	0,97	0,51	0,34	0,71	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	
23	2,25	1,04	2,83	3,66	1,72	2,16	1,12	2,81	3,62	1,74	1,48	0,00	0,00	0,00	0,00	X

Los tramos 17 y 23 necesitan ser estudiados en profundidad dado el elevado valor del factor de calibración que muestran. También se propone en segundo plano la revisión de los tramos 1, 4, 10 y 12 puesto que muestran empeorar con el paso de los años en el número de accidentes.

1.5.5. Carretera C-55

La vía C-55 es una vía de autonomía catalana, también conocida como Eje del Cardener. Une el Baix Llobregat y el Solsonès, con un total de 79 km divididos en cuatro tramos: el primer tramo del kilómetro 0 al 27 desde Abrera a Sant Pau, el segundo tramo del kilómetro 27 al 30 desde Sant Pau hasta el nudo del Guix, el tercer tramo del kilómetro 30 al 33 es autovía y va desde el nudo del Guix hasta la C-25 y finalmente el cuarto tramo de vía convencional del kilómetro 35 al 79 que une la C-25 con Solsona.

Esta vía tiene un total de ocho radares, seis de los cuales se encuentran en sentido Bages y dos en sentido Solsonès.

La vía C-55 registra un total de 1203 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 37.

Tabla 1.37. Distribución de accidentes en la C-55 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	17	9	7	11	14	11	11	8	10	98
Febrero	8	7	15	15	17	8	9	15	10	104
Marzo	12	9	16	11	6	8	17	8	15	102
Abril	9	6	10	11	1	18	16	9	6	86
Mayo	21	12	9	14	10	12	10	12	9	109
Junio	10	8	11	10	13	10	8	12	6	88
Julio	14	18	9	11	16	10	10	10	9	107
Agosto	9	15	10	11	3	5	4	5	10	72
Septiembre	9	7	11	11	11	10	11	13	12	95
Octubre	13	8	3	15	16	18	4	16	16	109
Noviembre	18	6	20	13	16	13	17	17	11	131
Diciembre	7	21	16	11	6	11	13	7	10	102
Total	147	126	137	144	129	134	130	132	124	1203

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 175 accidentes y el año 2017 un total de 137 accidentes. Con estos datos, la vía C-55 registra un total de 1515 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El número máximo de accidentes se produce en 2016, seguido de los años 2007 y 2010. El año con menos accidentes en cambio es el 2015 con 124 casos. En cuanto a los meses con más accidentes, entre estos no se encuentra una tendencia clara, siendo lo más predominante variable según el año considerado.

En los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 se registran un total de 134, 130, 132, 125 y 175 accidentes respectivamente. El Plan de Aforos muestra un total de 11 tramos para esta vía, entre los puntos kilométricos 0 y 79,3. El origen y final de cada tramo, su punto kilométrico inicial y final y el punto kilométrico en el cual se mide el IMD se presenta en la Tabla 38.

Tabla 1.38. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-55

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	C-55	límit com. Baix Llobregat/Bages	2,99	0,00	4,55
2	límit com. Baix Llobregat/Bages	enllaç C-58	11,30	4,55	15,50
3	enllaç C-58	enllaç C-16	16,70	15,50	18,87
4	enllaç C-16	enllaç C-1411a (Sant Pau)	23,14	18,87	27,80
5	enllaç C-1411a (Sant Pau)	C-16C, Manresa	28,20	27,80	30,50
6	C-16C, Manresa	C-25 (Manresa nord)	32,67	30,50	33,26
7	C-25 (Manresa nord)	Súria (inici variant)	43,40	34,65	47,00
8	Súria (inici variant)	Súria (final variant)	48,00	47,00	50,10
9	Súria (final variant)	Bages/Solsonès B-420	57,90	50,10	60,00
10	Bages/Solsonès B-420	Límit comarcal Bages - Solsonès	63,28	60,00	65,35
11	Límit comarcal Bages - Solsonès	cruïlla C-26 (Solsona)	79,25	65,35	79,26

Para realizar las regresiones hay que conocer la longitud de los tramos, número de carriles, IMD y número de accidentes por año y tramo, que se muestran en la Tabla 39.

Tabla 1.39. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-55

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	4,55	2	25813	24627	25603	26407	26853	22	21	12	12	15
2	10,96	2	14043	13924	14164	14524	14667	20	24	23	19	28
3	3,37	2	26089	26659	27131	27460	27051	19	7	9	5	6
4	8,93	2	30957	30695	29109	30337	31099	26	28	13	24	36
5	2,70	3	28150	28150	36642	36335	38693	10	9	11	17	20
6	2,76	3	24482	23971	24683	25295	26143	3	9	13	6	14
7	12,35	2	11581	12562	12936	13363	13588	19	15	29	29	34
8	3,10	2	6333	6039	6387	6510	6674	1	2	2	1	1
9	9,90	2	5999	5930	6016	6335	6324	4	3	7	3	5
10	5,35	2	4530	4558	4266	4838	5000	3	3	2	1	6
11	13,91	2	4373	4466	4837	4763	4951	7	9	11	8	10
Total								134	130	132	125	175

Así, se buscarán los valores de α y β tanto para el total de accidentes como para los accidentes leves y los accidentes graves. Los accidentes por tramos, años y gravedad se muestran en la Tabla 40.

Recordar que en el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.40. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-55

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	22	21	12	12	15	14	15	20	10	12	13	13	5	1	1	0	2	1
2	20	24	23	19	28	14	16	19	20	17	23	13	4	4	2	2	5	1
3	19	7	9	5	6	7	13	4	8	4	4	5	0	3	1	1	2	2
4	26	28	13	24	36	35	24	22	13	21	34	32	1	3	0	3	2	3
5	10	9	11	17	20	12	9	9	10	17	19	10	1	0	0	0	1	2
6	3	9	13	6	14	9	3	9	13	6	13	9	0	0	0	0	1	0
7	19	15	29	29	34	24	16	14	25	21	31	22	1	1	1	8	3	2
8	1	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	2	1	1	0	0	0	1
9	4	3	7	3	5	7	2	3	5	3	5	5	1	0	2	0	0	2
10	3	3	2	1	6	3	3	2	1	0	6	3	0	0	0	1	0	0
11	7	9	11	8	10	9	6	8	7	7	10	7	0	2	2	1	0	2
Σ	134	130	132	125	175	137	108	111	114	109	159	121	14	15	9	16	16	16

De los 11 tramos de vía, todos tienen dos carriles excepto los tramos 5 y 6 que tienen tres carriles. Así, solo se puede realizar una regresión de todos los tramos en común dado que los dos tramos de tres carriles son insuficientes para poder sacar los valores de las constantes, y además también se vería reducido el grupo de dos carriles a nueve observaciones.

Los valores obtenidos de la regresión se muestran en la Tabla 41. Se han considerado todos los tramos sin descartar ninguno dado que el p-valor era menor a 0,05.

Tabla 1.41. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-55

Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R^2	α	β	R^2	α	β	R^2
2012	-10,72	1,17	0,78	-10,95	1,17	0,79	-5,91	0,47	0,12
2013	-9,81	1,08	0,85	-10,68	1,14	0,80	-5,63	0,45	0,20
2014	-8,29	0,92	0,79	-10,31	1,11	0,81	-4,07	0,25	0,16
2015	-12,17	1,29	0,82	-11,12	1,18	0,80	-6,92	0,58	0,40
2016	-9,87	1,10	0,75	-9,20	1,02	0,68	-1,91	0,09	0,01

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo, los cuales se exponen en la Tabla 42.

Tabla 1.42. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-55

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	14	13	13	12	17	11	11	12	11	15	1	2	1	2	2
2	17	17	18	14	21	14	14	15	13	19	3	3	2	3	4
3	10	11	10	10	13	9	9	9	9	11	1	1	1	1	1
4	34	33	28	29	39	28	28	27	26	33	3	3	2	3	3
5	9	9	11	11	15	8	8	10	10	13	1	1	1	1	1
6	8	8	7	7	10	7	7	7	6	9	1	1	1	1	1
7	15	17	19	14	22	12	14	15	13	20	3	3	2	3	4
8	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1	0	0	1
9	6	6	7	4	8	5	5	5	4	7	2	2	1	2	3
10	2	3	3	2	3	2	2	2	2	3	1	1	1	1	2
11	5	6	8	4	8	4	5	6	4	8	2	2	2	2	4

Finalmente se calculan los Factores de Calibración general ($C_{r,g}$) dividiendo los accidentes ocurridos entre los predichos y observando si el valor es superior a 1 y por tanto hay más accidentes de los esperados, o inferior a 1 y por tanto hay menos accidentes de los esperados. Los valores de los $C_{r,g}$ se reportan en la Tabla 43.

Tabla 1.43. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-55

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	1,58	1,59	0,94	0,97	0,89	1,31	1,80	0,84	1,08	0,89	3,53	0,64	1,06	0,00	1,19	
2	1,21	1,39	1,29	1,39	1,34	1,18	1,36	1,35	1,29	1,21	1,56	1,38	1,01	0,72	1,31	R
3	1,82	0,66	0,90	0,52	0,48	1,51	0,44	0,85	0,47	0,37	0,00	2,50	1,41	0,81	1,61	
4	0,77	0,85	0,46	0,83	0,93	0,86	0,78	0,48	0,82	1,02	0,33	0,89	0,00	0,86	0,60	
5	1,09	1,00	1,04	1,54	1,34	1,20	1,17	0,95	1,77	1,51	1,14	0,00	0,00	0,00	0,97	
6	0,38	1,16	1,73	0,85	1,41	0,46	1,38	1,88	0,94	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	
7	1,28	0,86	1,57	2,09	1,57	1,31	1,00	1,66	1,56	1,57	0,38	0,32	0,46	2,67	0,70	X
8	0,54	1,01	0,82	0,73	0,40	0,66	0,66	1,16	0,69	0,41	2,00	1,77	0,00	0,00	0,00	
9	0,72	0,48	0,95	0,71	0,67	0,44	0,63	0,97	0,67	0,69	0,64	0,00	1,39	0,00	0,00	
10	1,39	1,19	0,69	0,62	1,91	1,70	1,05	0,52	0,00	1,93	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	R
11	1,30	1,40	1,30	1,95	1,24	1,37	1,66	1,23	1,56	1,25	0,00	0,90	1,04	0,54	0,00	X

Esta vía muestra los tramos 7 y 11 como parte de la vía con más accidentes del esperado ya que en el año 2015 muestran prácticamente el doble de accidentes esperados.

Además se recomienda revisar los tramos 2 y 10 puesto que los Factores de Calibración son mayores que 1 y con el paso de los años va aumentando gradualmente.

1.5.6. Carretera C-14

La vía C-14 es una carretera convencional de autonomía catalana que une el tarragonès con La Seu d'Urgell. También conocida como Eje Tarragona-Andorra, esta vía tiene una longitud de 177,4 km, iniciando su trayecto en Salou y acabando en Adrall. Esta vía tiene un total de cuatro radares repartidos por su recorrido.

La vía C-14 registra un total de 1187 accidentes entre los años 2007 y 2015 según las cifras recogidas a la base de datos SIDAT. Así, el número de accidentes anuales y mensuales de cada año se muestra en la Tabla 44.

Tabla 1.44. Distribución de accidentes en la C-14 en meses y años

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Enero	9	21	10	7	8	9	5	7	6	82
Febrero	6	16	8	10	6	7	8	8	13	82
Marzo	10	6	9	10	10	7	8	15	13	88
Abril	10	6	9	11	8	10	10	12	8	84
Mayo	12	15	13	9	14	8	4	13	13	101
Junio	6	13	8	15	12	10	8	10	14	96
Julio	15	12	18	21	20	12	14	11	13	136
Agosto	19	12	19	14	15	16	12	11	16	134
Septiembre	11	10	15	15	10	14	9	4	10	98
Octubre	12	10	10	7	13	12	6	17	11	98
Noviembre	11	9	9	11	6	11	14	14	10	95
Diciembre	13	11	10	10	11	5	12	8	13	93
Total	134	141	138	140	133	121	110	130	140	1187

También disponemos de datos totales de accidentes de 2016 y 2017 pero sin estar separados por meses; el año 2016 registra 152 accidentes y el año 2017 un total de 145 accidentes. Con estos datos, la vía C-14 registra un total de 1484 accidentes entre los años 2007 y 2017.

El máximo número de accidentes se registra en 2016 seguido de los años 2017 y 2008. Por otro lado, el mínimo número de accidentes se observa en 2013. Respecto a los meses, la época en la que predominan los accidentes de esta vía es verano (normalmente meses junio, julio y agosto).

Para los años 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016 de estudio registran un total de 121, 110, 130, 139 y 152 accidentes respectivamente. El Plan de Aforos muestra un total de 18 tramos para esta vía, entre los puntos kilométricos 0 y 177,5. El origen y final de cada tramo, su punto kilométrico inicial y final y el punto kilométrico en el cual se mide el IMD se presenta en la Tabla 45.

Tabla 1.45. Datos referentes a los tramos designados de la carretera C-14

Tramo	Origen tramo	Final tramo	Pk medido	Pk inicial	Pk final
1	Inici C-31-B (Salou)	Tarragonès-Baix Camp	0,49	0,00	1,94
2	Tarragonès-Baix Camp	T-11 (Reus)	1,94	1,94	4,97
3	T-11 (Reus)	C-422, La Selva del Camp	10,00	6,32	14,00
4	C-422, La Selva del Camp	TV-7046, Alcover	14,87	14,00	18,00
5	TV-7046, Alcover	C-37, Alcover	18,13	18,00	21,00
6	C-37, Alcover	inter. T-743 (Picamoixons)	25,26	21,00	26,50
7	inter. T-743 (Picamoixons)	inter. C-240a/b (Vilaverd)	27,32	26,50	31,87
8	inter. C-240a/b (Vilaverd)	inter. N-240 (Montblanc)	34,03	31,87	35,58
9	inter. N-240 (Montblanc)	ter. T-233	38,55	37,30	50,79
10	inter. T-233	Conca de Barberà/Urgell	53,46	50,79	56,30
11	Conca de Barberà/Urgell	intersecció L-241	59,90	56,30	70,00
12	intersecció L-241	A-2, Tàrrrega	70,90	70,00	74,50
13	Intersecció A-2	cruïlla L303 (Agramunt)	74,72	74,50	76,96
14	cruïlla L303 (Agramunt)	C-26 (Artesa de Segre)	98,48	76,96	101,74
15	C-26 (Artesa de Segre)	Cruïlla C-1412a (Ponts)	115,39	101,74	117,00
16	C-1412a, Ponts	C-26, La Basella	117,18	117,00	134,50
17	C-26, La Basella	L-511, Coll de Nargó	150,00	134,50	153,37
18	L-511, Coll de Nargó	N-260, Adrell	167,16	153,37	177,47

Para realizar las regresiones hay que conocer la longitud de los tramos, número de carriles, IMD y número de accidentes por año y tramo (Tabla 46).

Tabla 1.46. Datos de Intensidad Mediana de vehículos (IMD) y número de accidentes (Nobs) en cada tramo y año en la C-14

Tramo	L (km)	Carriles	IMD (vehículos/día)					Nobs (número de accidentes)				
			2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	1,94	4	24625	24613	24037	24672	26167	18	18	20	13	26
2	3,03	4	28834	27906	27776	26189	29402	14	5	4	14	18
3	7,69	4	27253	27313	27938	28932	27821	3	9	8	14	7
4	32,00	4	22281	22638	23320	24298	23054	3	0	4	5	4
5	3,00	4	18864	18616	19185	21551	18729	1	3	3	4	1
6	5,50	2	11980	11516	11457	12035	11837	7	9	7	2	2
7	5,37	2	13807	13783	13822	14558	14024	4	7	5	7	7
8	3,71	2	13249	12658	12309	14535	12832	3	1	3	4	6
9	13,48	2	3230	3067	2977	3484	3519	4	2	3	5	4
10	5,51	2	2348	2505	2251	2514	2537	0	0	0	0	0
11	13,71	2	2577	3059	3227	3220	3076	7	6	5	3	7
12	4,50	2	7407	6658	6265	6043	6124	5	5	5	6	2
13	2,46	2	7485	6807	3522	3586	3757	2	2	2	0	1
14	24,78	2	4012	4012	4012	3671	3671	8	6	9	6	11
15	15,26	2	2630	4488	4832	5260	5214	7	6	4	4	11
16	17,50	2	6558	6325	6434	6757	7008	10	7	15	20	12
17	18,87	2	6424	6130	6233	7174	7311	9	4	8	13	10
18	24,10	2	6310	6344	6344	6959	6952	16	20	25	19	23
Total								121	110	130	139	152

Respecto a los valores de α y β , estos se obtienen tanto para el total de accidentes como para los accidentes leves y los accidentes graves. Los accidentes por tramos, años y gravedad se muestran en la Tabla 47.

Asumo que en el caso de los accidentes graves, dado que el número de accidentes para cada tramo es demasiado reducido en ciertos tramos y este hecho afecta a la regresión, se obtendrán los valores de α y β asumiendo que estos podrían ser erróneos.

Tabla 1.47. Accidentes reales totales, leves y graves por año y tramo en la C-14

Tramo	Accidentes obs. totales						Accidentes obs. leves						Accidentes obs. graves					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	18	18	20	13	26	21	17	17	20	13	26	21	1	1	0	0	0	0
2	14	5	4	14	18	8	14	4	4	13	18	8	0	1	0	1	0	0
3	3	9	8	14	7	11	2	9	7	13	7	10	1	0	1	1	0	1
4	3	0	4	5	4	3	2	0	3	4	4	3	1	0	0	1	0	0
5	1	3	3	4	1	3	1	3	2	4	1	2	0	0	0	0	0	1
6	7	9	7	2	2	3	6	8	5	1	2	2	1	1	1	1	0	1
7	4	7	5	7	7	11	3	5	5	6	6	9	1	1	0	1	1	2
8	3	1	3	4	6	3	3	1	2	3	6	3	0	0	1	1	0	0
9	4	2	3	5	4	7	2	2	1	4	3	7	2	0	1	1	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	7	6	5	3	7	12	5	5	5	3	7	11	1	1	0	0	0	1
12	5	5	5	6	2	5	5	3	5	6	2	5	0	1	0	0	0	0
13	2	2	2	0	1	0	2	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
14	8	6	9	6	11	9	8	2	7	3	9	7	0	2	1	3	2	2
15	7	6	4	4	11	10	5	5	4	3	10	6	0	1	0	1	1	4
16	10	7	15	20	12	15	6	4	11	16	9	12	3	3	2	4	3	3
17	9	4	8	13	10	8	6	3	7	10	8	6	3	1	1	3	2	2
18	16	20	25	19	23	16	11	15	22	18	19	16	4	4	3	1	4	0
Σ	121	110	130	139	152	145	98	87	111	120	138	128	18	18	12	19	14	17

De los 18 tramos de vía, los 5 primeros tienen cuatro carriles y los 13 restantes tienen dos carriles. No se pueden realizar dos regresiones según el número de carriles dado que en uno de los grupos solo quedarían 5 observaciones. Se ha descartado el tramo 4 que influye en la tendencia de la recta y altera en exceso el valor de las constantes (Tabla 48).

Tabla 1.48. Valores de las constantes α y β para los accidentes producidos en la C-14

Año	Accidentes totales			Accidentes leves			Accidentes graves		
	α	β	R^2	α	β	R^2	α	β	R^2
2012	-6,25	0,66	0,32	-7,56	0,78	0,35	-5,28	0,39	0,40
2013	-9,40	1,00	0,53	-11,18	1,16	0,59	-8,96	0,79	0,55
2014	-7,46	0,80	0,49	-9,07	0,95	0,51	-4,41	0,26	0,06
2015	-10,13	1,09	0,67	-11,12	1,18	0,60	-6,60	0,51	0,33
2016	-8,33	0,90	0,43	-9,01	0,96	0,46	-8,68	0,74	0,64

Con el uso de los valores de α y β se procede al cálculo del número de accidentes predicho en cada tramo, los cuales se exponen en la Tabla 49.

Tabla 1.49. Accidentes predichos para cada tramo, año y condición de gravedad en base a los valores de las constantes obtenidas en la C-14

Tramo	Acc. predichos totales (Nspf)					Acc. predichos leves (Nspf)					Acc. predichos graves (Nspf)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
1	3	4	4	5	4	3	3	3	4	4	0	1	0	0	1
2	5	7	6	8	7	5	6	6	7	7	1	1	1	1	1
3	13	17	16	23	18	12	15	15	21	18	2	3	1	2	3
4	46	58	58	79	63	41	51	53	70	61	8	12	5	7	10
5	4	4	5	7	5	3	4	4	6	5	1	1	0	1	1
6	5	5	6	6	6	4	4	5	5	6	1	1	1	1	1
7	6	6	6	8	7	5	5	5	6	6	1	1	1	1	1
8	4	4	4	5	4	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1
9	5	3	5	4	5	4	2	3	3	4	2	1	1	1	1
10	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
11	5	3	5	4	4	3	2	3	3	4	1	1	1	1	1
12	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
13	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
14	11	8	11	8	9	8	5	8	6	8	3	2	3	2	2
15	5	6	8	7	8	4	4	6	6	7	2	2	2	2	2
16	11	9	11	11	12	9	6	9	8	11	3	2	2	2	2
17	12	9	12	12	13	9	7	9	10	12	3	2	2	2	2
18	15	12	15	15	16	12	9	12	12	15	4	3	3	3	3

Finalmente se calculan los Factores de Calibración generales ($C_{r,g}$) dividiendo los accidentes ocurridos entre los predichos y observando si el valor es superior a 1 y por tanto hay más accidentes de los esperados, o inferior a 1 y por tanto hay menos accidentes de los esperados. Los valores de los $C_{r,g}$ se reportan en la Tabla 50.

Tabla 1.50. Factores de calibración generales de cada tramo para la vía C-14

Tramo	Acc. predichos totales (Crg)					Acc. predichos leves (Crg)					Acc. predichos graves (Crg)					
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016	
1	6,04	4,70	5,51	2,66	6,08	6,29	4,98	6,01	3,00	6,20	2,03	1,31	0,00	0,00	0,00	X
2	2,71	0,74	0,63	1,72	2,43	2,93	0,65	0,67	1,79	2,46	0,00	0,76	0,00	1,41	0,00	R
3	0,24	0,53	0,49	0,61	0,39	0,17	0,59	0,46	0,63	0,40	0,49	0,00	0,75	0,53	0,00	
4	0,07	0,00	0,07	0,06	0,06	0,05	0,00	0,06	0,06	0,07	0,13	0,00	0,00	0,14	0,00	
5	0,26	0,67	0,64	0,61	0,20	0,29	0,79	0,48	0,70	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	1,33	1,77	1,23	0,32	0,34	1,37	2,00	1,07	0,19	0,36	0,95	0,84	1,32	1,15	0,00	
7	0,71	1,18	0,78	0,92	1,03	0,63	1,04	0,92	0,93	0,94	0,92	0,75	0,00	1,07	0,90	
8	0,79	0,27	0,74	0,76	1,39	0,94	0,33	0,59	0,68	1,48	0,00	0,00	1,91	1,56	0,00	
9	0,74	0,60	0,64	1,25	0,81	0,52	0,95	0,32	1,33	0,71	1,28	0,00	0,76	0,88	1,00	
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	1,48	1,77	0,98	0,80	1,58	1,52	2,34	1,44	1,08	1,85	0,69	0,97	0,00	0,00	0,00	
12	1,60	2,07	1,75	2,46	0,74	2,04	1,73	2,33	3,13	0,83	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	X
13	1,16	1,48	2,03	0,00	1,05	1,48	1,03	1,48	0,00	1,22	0,00	2,87	4,00	0,00	0,00	X
14	0,70	0,75	0,82	0,77	1,17	0,96	0,38	0,91	0,51	1,11	0,00	0,87	0,38	1,40	1,06	
15	1,31	1,09	0,51	0,56	1,39	1,35	1,34	0,70	0,54	1,43	0,00	0,64	0,00	0,63	0,66	
16	0,89	0,79	1,32	1,87	1,01	0,69	0,63	1,29	1,88	0,84	1,13	1,28	0,96	1,94	1,39	
17	0,75	0,43	0,67	1,05	0,75	0,65	0,45	0,78	1,02	0,67	1,05	0,41	0,45	1,31	0,83	
18	1,06	1,63	1,61	1,25	1,42	0,95	1,71	1,89	1,49	1,30	1,11	1,24	1,05	0,35	1,36	R

Los tramos 1, 12 y 13 necesitan ser estudiados en profundidad dado el elevado valor del Factor de Calibración que muestran. Concretamente el tramo 1 empeora con el paso de los años.

También se propone en segundo plano la revisión de los tramos 2 y 18 puesto que muestran empeorar con el paso de los años en el número de accidentes.

1.6. Conclusiones

La metodología desarrollada en el *Highway Safety Manual* (HSM) resulta una herramienta de gran utilidad para encontrar puntos conflictivos en una vía. Las ecuaciones llamadas Funciones de Predicción de Accidentes (SPF) parten de la división de la vía en tramos de misma Intensidad Media Diaria de vehículos (IMD) y de la longitud de los tramos para encontrar el número predicho de accidentes en dicho tramo. Estas funciones, definidas específicamente según las características de la vía y las IMD máximas que circulan, permiten obtener un número predicho de accidentes que se esperan en ellas. A partir del número predicho de accidentes se puede realizar una comparación con los accidentes observados y analizar si el tramo es más peligroso de lo esperado (esto sucede cuando se producen más accidentes de los previstos).

Por otro lado, el HSM incluye los *Factores de Modificación de Accidentes* (CMFs) que permiten definir ciertas características geométricas (tales como ancho de carril, radio de la curva, ancho de arcén, etc.) del tramo que aumentan la peligrosidad del segmento. Así, con el uso de los CMFs se puede analizar si un tramo es más peligroso debido a estas características incluidas en el manual. Una vez definidos los CMFs, si en un tramo concreto se producen más accidentes de los esperados se puede concluir que este tramo por algún motivo o característica (no definida mediante ningún CMF) es más peligroso de lo que tendría que ser y, por lo tanto, se puede considerar un punto conflictivo el cual se tiene que analizar de forma más exhaustiva.

No solamente esto, si no que el HSM permite realizar simulaciones de diferentes IMDs, variaciones de la geometría u otros aspectos y observar como altera este efecto en la predicción de accidentes.

De esta forma, el *Highway Safety Manual* resulta ser una guía muy interesante para encontrar puntos conflictivos en las vías y además estudiar el efecto de aplicar ciertas modificaciones en ella. Desgraciadamente este manual ha sido diseñado en base a casos experimentales de las vías Norteamericanas, es decir, las constantes de todas las funciones SPF y de los CMFs han sido obtenidas mediante regresiones en base a accidentes reales en sus vías. No obstante, estas vías tienen características diferentes a las catalanas, tanto en el aspecto geométrico (ancho de carril, radios u otros) como en los IMDs que suelen circular por ellas.

Por este motivo, se ha desarrollado una nueva metodología basada en el HSM pero adaptada a las vías catalanas. Así pues, se ha generalizado la función SPF y las constantes han sido definidas de nuevo para cada vía de las analizadas en este capítulo. Toda la metodología y desarrollo se presenta en el presente capítulo. Así mismo se han definido nuevas ecuaciones para encontrar los CMFs, las cuales han sido aplicadas en las vías de las cuales se han podido obtener los datos geométricos.

Así pues, en este capítulo se presenta tanto la nueva metodología para encontrar puntos conflictivos en las vías catalanas y para calcular los *Factores de Modificación de Accidentes* como el análisis realizado en seis vías catalanas que experimentan altas tasas de accidentalidad. En ellas se han encontrado puntos conflictivos los cuales se recomienda revisar para poder implementar modificaciones pertinentes.

Gracias a la nueva metodología se han encontrado tramos conflictivos en vías muy transitadas (C-17, C-31, C-16, C-32, C-55 y C-14) y en el caso de vías de las cuales se conocen características geométricas (C-17 y C-31) de las cuales se han calculado los CMFs, se ha observado una gran influencia del ancho de carril, arcén y radio de la curva, especialmente en el tramo 18 de la vía C-17 y en el tramo 12 de la vía C-31.

2. CAPÍTULO 2: MICRO Y MACRO ACCIDENTALIDAD

2.1. Introducción

Este capítulo está enfocado en el análisis de la micro y la macro accidentalidad, con el fin de identificar aquellos aspectos más frecuentes que condicionan la accidentalidad de motocicletas. Se analizan las variables existentes en las bases de datos SIDAT y la base de los Mossos d'Esquadra, buscando el rendimiento de cada variable, las variables más importantes y la efectividad de las nuevas variables incluidas a partir de la lectura de la totalidad de atestados de los casos reportados en la base de datos de Mossos d'Esquadra.

- La micro accidentalidad es el estudio de las causas inmediatas del accidentes, y por tanto, se consideran patrones y conductas de las personas implicadas directamente en el accidente y uno de sus objetivos es establecer las responsabilidades de cada involucrado y determinar el peso de los factores más frecuentes, así como su relación concreta con las circunstancias de los accidentes, la tipología de los conductores (edad, sexo, hábitos, tipo de movilidad, etc.). En el estudio de la micro accidentalidad son muy importantes las características geométricas de la vía, el tipo de maniobra (a menudo condicionada por la vía) y también el estado de la vía y las circunstancias particulares de los conductores, motoristas y otros involucrados en el accidente.
- La macro accidentalidad analiza los accidentes desde una perspectiva agregada, poniendo atención a los grupos de factores de peligrosidad, la frecuencia general de un determinado tipo de accidente, y los patrones estadísticos relevantes que se observan cuando se considera el conjunto de todos los participantes en el tráfico. En la macro accidentalidad resulta importante estudiar el marco temporal (según franjas horarias, días de la semana, meses y estaciones del año) puesto que los patrones de movilidad cambian según el momento del día, la semana y el año. También resulta importante el volumen de tráfico que soporta una vía, puesto que de no considerarlo se puede confundir el efecto estadístico de la peligrosidad intrínseca de un punto de la red con el efecto estadístico del número de vehículos.

Para estudiar estos dos aspectos se han utilizado dos bases de datos muy diferentes. La micro accidentalidad se basará, en cuanto a ciertos datos, más en los datos de detalle de la base compilada por el grupo investigación y reconstrucción de accidentes de los Mossos d'Esquadra, que en la versión actual tiene 569 casos de accidentes de motocicleta reconstruidos y estudiados en detalle. Algunos de los casos estudiados en esta base de datos se complementan a partir de datos recogidos en la base de datos SIDAT gestionada por el Servicio Catalán de Tráfico (SCT). Además en esta nueva base creada de la unión de las dos citadas se añade un nuevo conjunto de variables creadas y complementadas a partir de la lectura de los 569 atestados correspondientes a los casos reportados. La macro accidentalidad se basa en los datos del SIDAT con muchos más registros y enfocada a las estadísticas anuales más que en la investigación de las causas inmediatas.

2.2. Base de datos relevantes para el estudio de la accidentalidad

Tal y como se ha descrito en la introducción del capítulo, el estudio parte de dos bases de datos utilizadas para estudiar la micro y la macro accidentalidad. En esta sección se resumen las variables registradas en las dos bases mencionadas y se añade una propuesta de ampliación de la información disponible codificando las maniobras.

2.2.1. Bases de datos de los Mossos d'Esquadra

El cuerpo policial de los Mossos d'Esquadra ha desarrollado una base de datos donde se reportan datos procedentes de atestados redactados en accidentes donde se ven involucradas las motocicletas. Los accidentes incluidos en esta base de datos son los que han acontecido desde inicios del año 2014 hasta el mes de enero del año 2017 en toda Cataluña.

En la recogida de datos de estos accidentes se ven involucradas las ocho Áreas Regionales de Tráfico (ART) de Cataluña, que son las encargadas de la vigilancia, control, disciplina y regulación del tráfico en las vías interurbanas. Estas ART son: Metropolitano Norte, Metropolitano Sur, Pirineo Occidental, Poniente, Gerona, Central, Campo de Tarragona y Tierras del Ebro.

La base de datos de los Mossos d'Esquadra está centrada en la recogida de datos referentes a las características de la vía, la recopilación de restos y vestigios de la vía, las protecciones del motorista, los sistemas de seguridad de la motocicleta y el estado de la misma, los elementos lesivos de la vía y las lesiones producidas.

Se observan tres tipos de datos:

- Datos descriptivos: especifican la localización del accidente, el código NAT y otras variables que ayudan a identificar el accidente.
- Datos cuantitativos: describen la magnitud de una variable.
- Datos cualitativos: identifican la presencia o no de la variable descrita.

A partir del conjunto de datos de la base de los Mossos d'Esquadra se han escogido una serie de datos en concreto para este análisis. Los datos no estudiados, en ciertas circunstancias, son variables no complementadas de forma necesaria para el presente estudio y que, por lo tanto, se han tenido que recoger u obtener otros informes con unos criterios diferentes. Los motivos de la elección de las variables son:

- General: NAT y fecha para la identificación de los accidentes y para el estudio de la macro accidentalidad desde un punto de vista de marco temporal.
- Respecto a la vía: coeficiente de deslizamiento y radio de la curva para el estudio de las características de la vía y la influencia sobre el accidente.
- Respecto a la motocicleta: ABS para el estudio de la mejora de la seguridad de la motocicleta.

- Respecto a las lesiones: las siete variables binarias de daño en la cabeza, cara, cuello, tórax, abdomen, extremidades y daños superficiales para el estudio de la dependencia de lesiones en zonas anatómicas.
- Respecto a las protecciones: las protecciones de pecho, coderas, rodilleras, mono de motorista, chaqueta y pantalones técnicos, espaldera y casco para el análisis de la efectividad de las protecciones en la reducción del daño.

2.2.2. Bases de datos del SIDAT

La base de datos SIDAT es una base extensa de 132 variables, enfocada en la descripción exhaustiva de todos los aspectos del accidente, tales como localización del accidente, características de la vía o descripción de las unidades. El número de variables recogidas depende de la gravedad del accidente. El SCT ha definido los requisitos que establecen cuando se tienen que rellenar ciertas variables:

- Según la gravedad:
 - De recogida obligatoria
 - De recogida en accidentes graves
 - De recogida en accidentes graves o mortales
- Según características del accidente:
 - De recogida obligatoria
 - Se recogen en función de si el agente conoce la información.
 - Se recogen solo si el accidente presenta las condiciones de la misma
 - Indicadores de presencia o no de la característica mencionada
- Según la automatización de la recogida:
 - Se recogen manualmente
 - Se recogen de forma automatizada
 - Se recogen de forma automatizada o no en función del cuerpo policial
- Según las características particulares del accidente:
 - Se recogen solo en caso de intersección
 - Se recogen cuando el accidente se produce en carretera
 - Se recogen cuando el accidente es en vía urbana
 - Se recogen cuando se habla solo del conductor
 - Se recogen solo en presencia de vehículos de minusválidos
 - Se recogen cuando el vehículo lleva disco tacógrafo
 - Se recogen solo si es un vehículo profesional
 - Se recogen solo cuando hay dos vehículos o más implicados en el accidente

Para poder realizar un análisis en profundidad de los accidentes de motocicleta es necesario unificar ambas bases de datos, y disponer de las variables necesarias a estudiar. Los casos han sido buscados en el SIDAT y las variables que se han considerado más relevantes han sido incluidas en la base de datos de los Mossos d'Esquadra.

Dado las grandes dimensiones de la base de datos SIDAT se muestran solo las variables estudiadas en este capítulo. Éstas mantienen un formato o una información que permite estudiar las tendencias más frecuentes de ciertos aspectos en la accidentalidad de la motocicleta.

Las variables que han sido utilizadas en su formato original son las siguientes:

- Respecto al accidente: año y hora en la que se produce el daño.
- Respecto a la localización del accidente: provincia, comarca y municipio.
- Respecto a las características de la vía: límite de velocidad en km/h y si se trata de un tramo con intersección o sección.
- Respecto la superficie, clima y factores influyentes: condiciones de la superficie y circulación en el momento del accidente.
- Respecto las características del accidente: gravedad y número de muertos, heridos graves, leves e ilesos.
- Respecto las unidades: tipos y subtipos de unidades implicadas.
- Respecto los usuarios implicados: sexo, edad, hospitalización y lesividad causada.

En cambio, hay otras variables que han sido modificadas a partir de la información original. Por ejemplo, el tipo de día de la base de datos SIDAT se puede codificar como: lunes-jueves / viernes / sábado-domingo. En el presente capítulo se ha definido de nuevo la variable con siete posibles valores, uno por cada día de la semana, para poder estudiar la frecuencia de accidentes desde el marco temporal y buscar aquellos días concretos en que se producen más colisiones.

2.2.3. Modificaciones de las variables existentes y ampliación propuesta de la base de datos

Tal como se ha descrito anteriormente, parece conveniente ampliar la información existente en las bases de datos actuales con información complementaria de las maniobras y lesiones producidas. La base de datos propuesta se orienta tanto al análisis del accidente de la motocicleta como la creación de un sistema de recogida de datos en profundidad. Así pues, se discute la conveniencia de ampliar las bases existentes con datos complementarios enfocados al análisis de la micro accidentalidad y la reconstrucción de accidentes, y se proponen los siguientes conjuntos de variables:

- Codificación del accidente
- Situación temporal del accidente (fecha y hora)
- Localización del accidente (vía y punto kilométrico)

- Datos geométricos de la vía
- Datos de protecciones y objetos fijos de la vía
- Condiciones climáticas del accidente
- Condiciones de visibilidad durante el accidente
- Unidades implicadas en el accidente
- Características de la motocicleta
- Características del conductor de la motocicleta
- Protecciones del motorista
- Lesividad del motorista
- Maniobra previa al accidente

No obstante todos los datos y variables propuestas no están solo enfocadas a la accidentalidad sino también a la descripción de otros aspectos del accidente interesantes para conocer su fenomenología. Además, las variables propuestas, en algunos casos no han sido recogidas o no han sido completadas o rellenadas en el formato necesario para un análisis en profundidad, tal y como se trata en este punto.

Si bien la base de datos SIDAT se centra en las circunstancias del accidente y la descripción del mismo, la base de datos de los Mossos d'Esquadra está enfocada en las lesiones producidas, las características de la motocicleta y las protecciones y elementos lesivos de la vía. No obstante, dado que el cuerpo policial de los Mossos d'Esquadra es uno de los departamentos involucrados en el desarrollo del SIDAT, los casos reportados en su base de datos también se pueden encontrar en el SIDAT.

Así pues para poder analizar las variables descritas junto con las variables añadidas de interés en este punto, los casos objeto de estudio son aquellos en común en las dos bases de datos originales y de los cuales se puede encontrar nueva información para completar las nuevas variables. Los casos de interés serán los 569 accidentes reportados en la base de datos de Mossos d'Esquadra, y de los cuales se han obtenido los atestados para poder leerlos, analizarlos y estudiarlos de forma adecuada y extraer la información necesaria de ellos. El análisis y conclusiones de las variables de este informe propondrán metodologías de análisis de las mismas y mostrarán su utilidad.

2.3. Resultados de macro accidentalidad

El estudio de la macro accidentalidad, como se ha descrito en el apartado de introducción de este capítulo, se centra en aquellos aspectos o factores de peligrosidad generales que muestran una variabilidad en la frecuencia de accidentes, así como los accidentes que más se producen.

Para desarrollar el estudio de la macro accidentalidad se ha utilizado la base de datos de los Mossos d'Esquadra. Esta base contempla un total de 569 casos con información completa, que serán los analizados a lo largo de todo este estudio.

En el desarrollo del análisis desde una perspectiva de macro accidentalidad se ha estudiado:

- Marco temporal:

Centrado en el estudio de la frecuencia de accidentes según el día de la semana, la franja horaria, las horas del día y los meses del año. Esta investigación resulta de gran importancia dado que encontrar días de la semana, horas o franjas concretas en las que se producen más accidentes puede ayudar tanto a los cuerpos policiales como las instituciones involucradas en este estudio para centrar los esfuerzos de prevención de accidentes en estos momentos temporales y emplazamientos más concretos, así como tomar medidas tales como ampliar o derivar los flujos de tráfico en las horas de más accidentes. (Variables: Día, mes, franja horaria, hora)

- Unidades implicadas en el accidente:

Enfocado en el análisis de las unidades implicadas en el accidente, pretende encontrar las combinaciones de unidades que más accidentes sufren entre ellas. (Variables: Unidades implicadas, tipos de unidad, subtipo de unidad)

- Tipos de accidentes:

El objetivo es conocer qué tipos de accidentes se producen con más frecuencia, así como las unidades que se ven más involucradas en cada tipo de accidente. El objetivo es encontrar aquellos patrones que más se producen, para poder dar a conocer a todos los usuarios de la vía y aplicar las medidas adecuadas. (Variables: Tipo de accidente, subtipo de accidente, unidades implicadas)

Hay que mencionar que los accidentes estudiados pertenecen a los recogidos por los Mossos d'Esquadra, y que por lo tanto no son colisiones que acontecen en zonas urbanas sino interurbanas, por lo tanto el patrón y perfil de los accidentes será diferente a los que se pueden encontrar en la zona urbana.

2.3.1. Análisis del marco temporal

Es muy importante conocer la distribución y cantidad de accidentes en función del momento en el tiempo en que se producen. El marco temporal puede servir para distinguir diferentes tipos de movilidad (trabajo, ocio, diaria, ocasional, etc.). Así el marco temporal queda definido por factores como el *día de la semana*, la franja *horaria*, la *hora* o el *mes* en concreto. El estudio de estas características puede ayudar a tomar medidas en momentos más específicos para incrementar la efectividad de estas acciones aplicadas, además de conocer los periodos en los que el accidente de la motocicleta se ve incrementado.

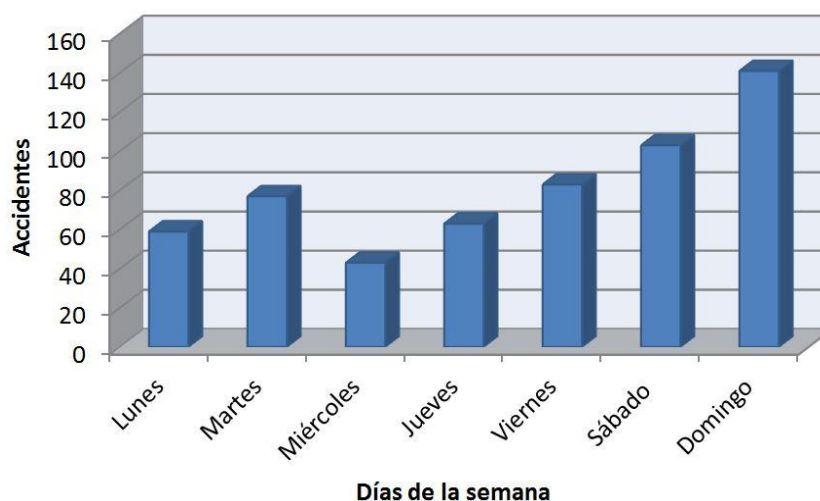
El primer estudio se desarrolla en un marco de los días de la semana y la franja horaria (Tabla 4.6). La franja horaria se ha dividido en mañana (de 6:00h a 15:00h), tarde (de 15:00h a 21:00h) y noche (de 21:00h a 6:00h). Aunque no son grupos iguales de 8 horas, se ha dividido según las horas de trabajo; a las 6:00h parte de la población se desplaza a su puesto de trabajo, a las 15:00h hay gente volviendo o entrando al trabajo, y a las 21:00h tanto por las condiciones climáticas de luz como debido a que es hora de cenar puede considerarse como una nueva franja.

Tabla 2.1. Accidentes por día de la semana y franja horaria

Día	Mañana	Tarde	Noche	Total día	%
Lunes	32	7	20	59	10,37
Martes	36	7	34	77	13,53
Miércoles	18	5	20	43	7,56
Jueves	29	8	26	63	11,07
Viernes	41	9	33	83	14,59
Sábado	65	10	28	103	18,10
Domingo	86	9	46	141	24,78
Total franja	307	55	207	569	100%

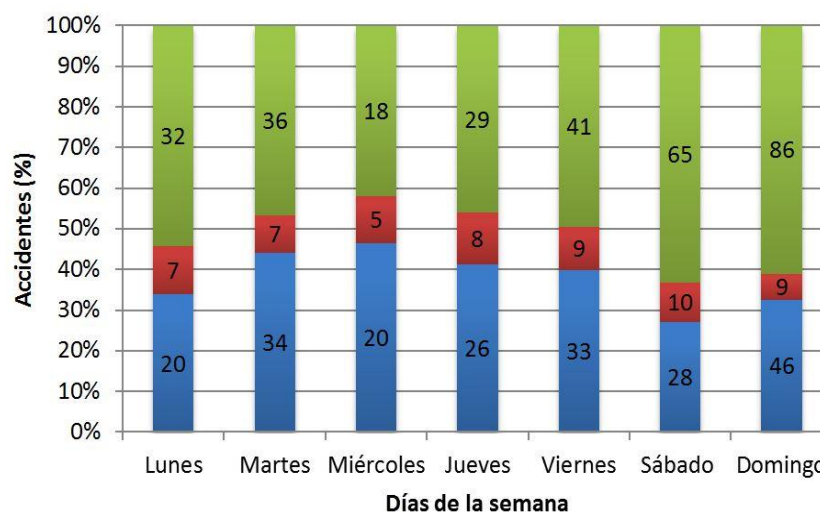
La Tabla 2.1 y la Imagen 2.1 muestran la distribución de accidentes en función del día de la semana. Como se puede observar, la mayoría de accidentes de motocicleta se concentran sábado (18,1%) y domingo (24,8%), seguido del viernes (14,6%) y martes (13,5%), y siendo el miércoles el día con menos accidentes (7,6%). Los accidentes durante los fines de semana pueden, como primera observación, asociarse a las salidas de ocio de motoristas, cada vez más habituales, dado que la gran parte de los accidentes analizados en este estudio corresponden a las zonas no urbanas.

Imagen 2.1. Accidentes por día de la semana



Por otro lado se desarrolla el estudio de la franja horaria (Tabla 2.1). La mayor parte de los accidentes ocurre por las mañanas con un total de 307 (53,9%), seguido de la tarde con 207 (36,4%) y con un total muy menor por las noches de 55 casos (9,7%). No obstante dado que, como se ha comentado anteriormente, los tipos de desplazamiento son diferentes según los días de la semana, hay que analizar el desglose de los accidentes en día y franja horaria al mismo tiempo (Tabla 2.1, Imagen 2.2).

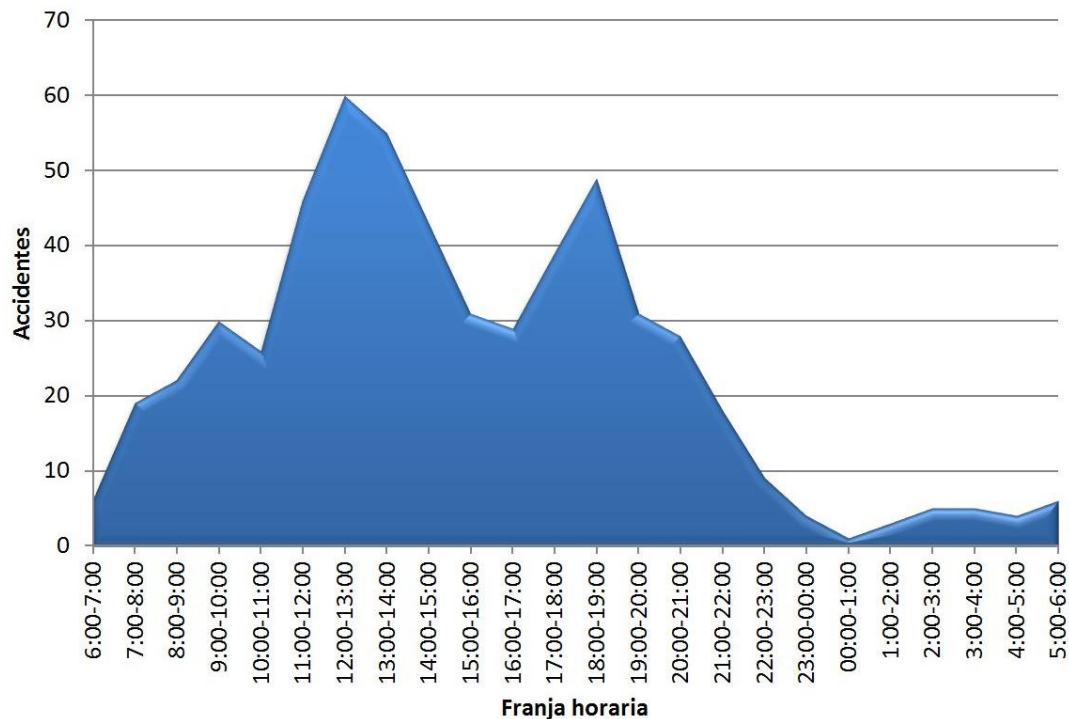
Imagen 2.2. Accidentes por día de la semana y franja horaria



Se observa que, mientras en los días laborables la distribución de accidentes es más o menos equitativa entre mañanas y tardes (las noches siempre muestran menos accidentes), sábados y domingos los accidentes predominan durante la mañana (65 y 86 respectivamente). Este fenómeno de nuevo confirma que la mayoría de accidentes en las vías interurbanas recogidos predominan en horarios en que los motoristas salen en escapadas de ocio con la motocicleta.

Con el objetivo de profundizar y concretar las horas en las que se dan más accidentes en función de los días, se amplía el estudio al número de accidentes en horas concretas (Tabla 2.2, Imagen 2.3). El gráfico muestra el número de accidentes en función de la hora del día. Las horas están ordenadas según la franja horaria, empezando a la primera hora de la mañana y acabando a la última de la noche.

Imagen 2.3. Distribución de accidentes en función de la hora del día



De la figura se puede observar que, considerando todos los días sin discriminar por día de la semana, las horas puntas donde se producen más accidentes son, entre las 11:00 y 15:00h por la mañana y entre las 18:00 y 19:00h por la tarde. No obstante no se puede esperar que las horas de más accidentes sean las mismas para todos los días de la semana, dado la contribución de los diferentes días.

Así pues, se separan los accidentes por día de la semana, franja horaria y hora (Tabla 2.2). Los valores más destacados de accidentes se observa que predominan en los sábados y el domingos de 11:00h a 14:00h, pero esta frecuencia elevada no se observa el resto de días.

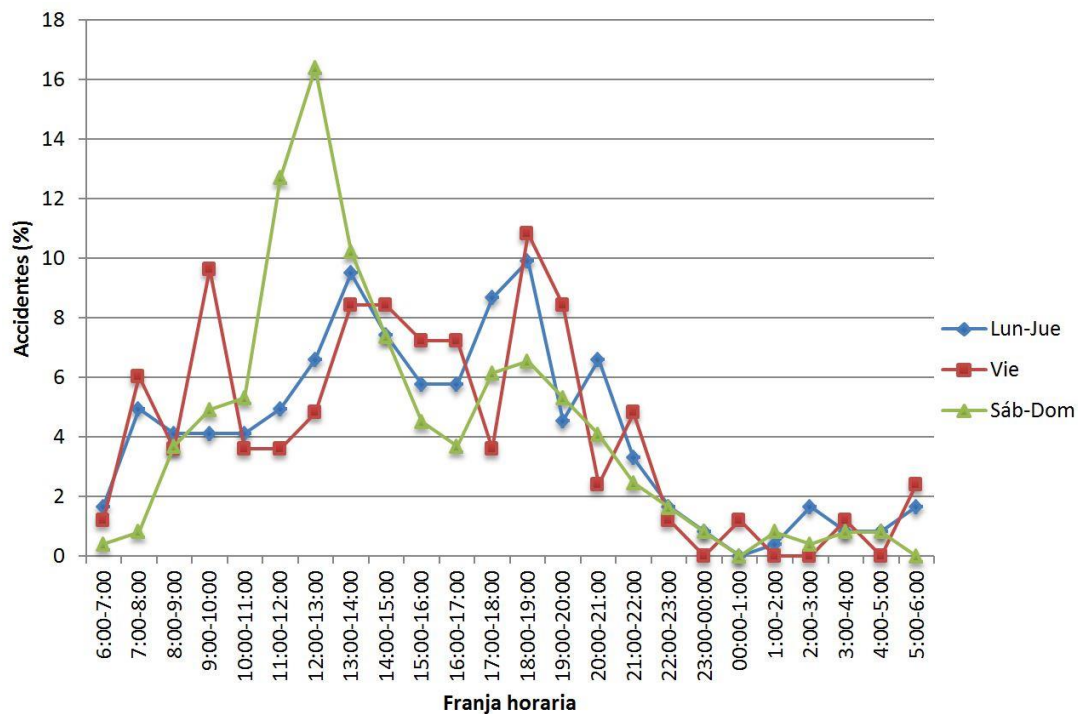
Tabla 2.2. Distribución de accidentes según hora y día de la semana

	Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Mañana	6:00-7:00	1	1	0	2	1	0	1	6
	7:00-8:00	5	3	2	2	5	0	2	19
	8:00-9:00	3	3	3	1	3	4	5	22
	9:00-10:00	3	3	1	3	8	7	5	30
	10:00-11:00	2	5	1	2	3	5	8	26
	11:00-12:00	2	4	2	4	3	11	20	46
	12:00-13:00	2	5	4	5	4	15	25	60
	13:00-14:00	6	7	3	7	7	11	14	55
	14:00-15:00	8	5	2	3	7	12	6	43
Tarde	15:00-16:00	4	3	3	4	6	6	5	31
	16:00-17:00	2	3	5	4	6	1	8	29
	17:00-18:00	2	6	6	7	3	6	9	39
	18:00-19:00	7	8	6	3	9	7	9	49
	19:00-20:00	2	5	0	4	7	4	9	31
	20:00-21:00	3	9	0	4	2	4	6	28
Noche	21:00-22:00	4	2	0	2	4	4	2	18
	22:00-23:00	1	0	1	2	1	2	2	9
	23:00-00:00	0	2	0	0	0	1	1	4
	00:00-1:00	0	0	0	0	1	0	0	1
	1:00-2:00	0	1	0	0	0	1	1	3
	2:00-3:00	0	1	3	0	0	0	1	5
	3:00-4:00	1	0	0	1	1	1	1	5
	4:00-5:00	0	0	0	2	0	1	1	4
	5:00-6:00	1	1	1	1	2	0	0	6

Con el fin de poder analizar la dependencia entre el tipo de día y la hora del mismo en el número de accidentes de forma más clara, se han agrupado los accidentes según tres grupos de días: el primer grupo contempla los accidentes sucedidos de lunes a jueves, dado que los cuatro días son laborables, y presentan unas condiciones muy similares; el segundo grupo solo considera los accidentes de viernes puesto que aunque es un día laborable, parte de la población aprovecha para iniciar los desplazamientos a lugares de vacaciones para el fin de semana; y el tercer grupo que combina los accidentes de sábado y domingo, siendo días en los que la gente aprovecha entre otras cosas para salir de ocio con la motocicleta.

Los accidentes de estos tres grupos se han transformado en porcentajes respecto al total del grupo (242 accidentes para el grupo lun-jue, 83 para el vie, y 244 para el grupo sáb-dom), con el fin de observar en qué horas se producen la mayoría de accidentes de cada grupo. Los resultados se muestran a la Imagen 2.4.

Imagen 2.4. Distribución de accidentes por grupo de día (lun-jue, vie, sáb-dom) y franja horaria.



Al comparar los accidentes según los grupos de días (Imagen 2.4) y los reportados anteriormente en el gráfico de horas de accidentes considerando todos los días juntos (Imagen 2.3), se observa que la concentración de accidentes antes reportada en el gráfico anterior entre las 12:00h y 14:00h principalmente se debe a los accidentes ocurridos los fines de semana. Los sábados y domingos concentran la gran parte de sus accidentes entre las 11:00h y 14:00h (39,34% de los accidentes reportados en estos días).

Por otro lado, el máximo detectado en la Imagen 2.3 entre las 18:00h y 19:00h se produce debido a los accidentes en días laborables, incluyendo viernes (20,8% del total de ambos grupos, 67,3% del total de días en esta hora), que coincide con horas de salida de trabajo. Más concretamente, el máximo de la tarde para días laborables de lunes a jueves ocupa la franja entre las 17:00h y las 19:00h (18,6% del total de accidentes de este grupo).

Por lo tanto, de este análisis se concluye que analizando los accidentes distribuidos por horas de forma general, se observan máximos y mínimos de accidentalidad en horas muy concretas. No obstante, separando esta accidentalidad por horas y al mismo tiempo por días de la semana, se observa que el máximo de accidentes de 12:00h a 14:00h se produce los fines de semana, días en que las motocicletas frecuentan las carreteras interurbanas para realizar escapadas en grupo como forma de ocio. De esta forma, para prevenir este tipo de colisiones los esfuerzos de las instituciones responsables necesitan estar centrados en las zonas de ocio de las motocicletas. Los otros momentos conflictivos se encontrarían los viernes de 9:00h a 10:00h y de 18:00h a 19:00h, horas de entrada y salida de trabajo (por la mañana concretamente en horas de oficina) que al mismo tiempo coincide con horas de salida de vacaciones para aquellos que se desplazan grandes distancias. Finalmente los últimos momentos críticos se observan de 17:00h a 19:00h y de 13:00h a 14:00h de lunes a jueves, que corresponden a las horas de salida de trabajo por comida y de fin de la jornada laboral.

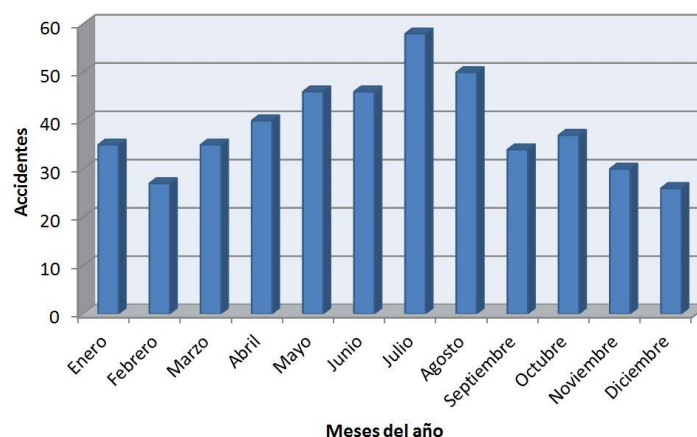
El último estudio en el marco temporal es el de los meses del año. Para desarrollar este análisis solo se han considerado los años 2015 y 2016 dado que son los únicos que están incluidos en la base de datos al completo, e incluir datos de los otros años incompletos sesgaría las conclusiones hacia unos meses predominantes que recogen más accidentes por la falta de recuentos en el resto.

Tabla 2.3. Distribución de accidentes por mes del año para los años 2015 y 2016

Mes	2015	2016	Total mes	%
Enero	15	20	35	7,5%
Febrero	14	13	27	5,8%
Marzo	20	15	35	7,5%
Abril	16	24	40	8,6%
Mayo	25	21	46	9,9%
Junio	30	16	46	9,9%
Julio	23	35	58	12,5%
Agosto	20	30	50	10,8%
Septiembre	16	18	34	7,3%
Octubre	14	23	37	8,0%
Noviembre	17	13	30	6,5%
Diciembre	14	12	26	5,6%
Total	224	240	464	100,0%

Así pues en la Tabla 2.3 se recogen los accidentes de la base de datos referentes a los años 2015 y 2016 por mes, la suma de ambos meses y el porcentaje respecto al total de accidentes considerados. Los totales por mes han sido representados en la Imagen 2.5. Como se puede observar, los meses en los que predominan los accidentes son los comprendidos entre mayo y agosto, con un máximo en julio (58 accidentes, 12,5%). Concretamente, los meses con más accidentes son los de clima más favorable para circular en motocicleta.

Imagen 2.5. Distribución de accidentes por meses del año



El mes donde predominan los accidentes a nivel europeo es mayo, y la franja donde se producen más accidentes es la comprendida entre los meses de mayo y septiembre, con un descenso considerable en el mes de agosto. Estas diferencias entre Europa en general y Barcelona podrían ser debidas a la época de verano. Barcelona es una ciudad muy

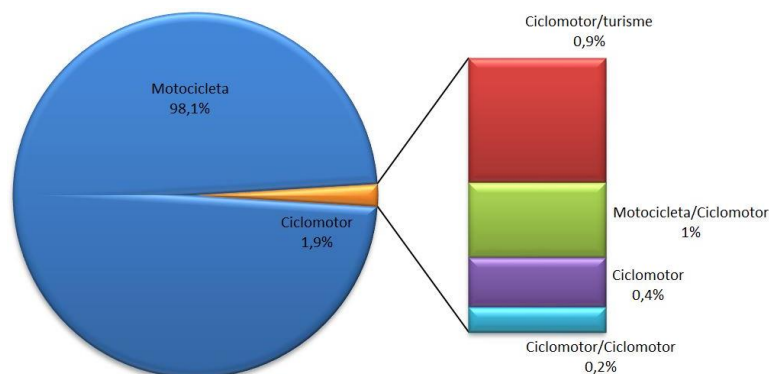
frecuentada por extranjeros por las zonas de playa, monumentos y clima entre otros, y este hecho puede influir en el descenso europeo de accidentes en el mes de agosto, donde el clima es lo más caluroso pero no obstante es época de salidas y viajes a otros lugares extranjeros.

2.3.2. Análisis de las unidades implicadas en el accidente

El análisis de las características del accidente es una parte importante para entender los aspectos más frecuentes en los accidentes de motocicleta. En este marco se estudia la combinación de unidades más accidentada. En un primer estudio más general se analizan las unidades implicadas en el accidente, y la combinación de las mismas. Previamente a este estudio se ha examinado la presencia del ciclomotor en los accidentes.

De los 569 casos analizados, 11 (1,9%) cuentan con un ciclomotor como participante (Imagen 2.6). De estos casos, 2 accidentes (0,3%) tienen solo al ciclomotor protagonista como implicado, 3 accidentes (0,5%) son del ciclomotor con una motocicleta, 1 caso (0,2%) es entre dos ciclomotores, y 5 casos (0,9%) son de un ciclomotor con un turismo.

Imagen 2.6. Casos con ciclomotores implicados



Dado el reducido número de casos, no se puede realizar un análisis en paralelo de la accidentalidad de los ciclomotores. Por este motivo y con el fin de reducir el número de variables, los accidentes de ciclomotor serán considerados como accidentes de motocicleta, y se incluirán en las categorías generales de accidente de motocicleta sola, accidente entre motocicletas y accidente de motocicleta con turismo según la tipología.

La clasificación más general según las combinaciones accidentadas es la mostrada en la Tabla 2.4. Se observa que los accidentes que más se producen son los de colisiones con otros vehículos (49%), ya sea otra motocicleta, vehículo ligero o vehículo pesado, muy seguido de los accidentes de motocicleta sola (41,7%) por salidas de vía o caídas. Por último, en un porcentaje más bajo se encuentran el resto de accidentes que incluyen ciclistas, peatones y animales (3,3%).

Tabla 2.4. Clasificación general de accidentes según las unidades implicadas

Unidades	Accidentes	%
Motocicleta sola	237	41,7%
Motocicleta con otro vehículo	279	49,0%
Motocicleta con otros (bicicleta / peatón / animal)	19	3,3%
Múltiples	34	6,0%
Total	569	100%

Los accidentes múltiples engloban un conjunto de combinaciones muy variada, y por este motivo se han unificado en una misma categoría. Se consideran accidentes múltiples todos aquellos con más de dos unidades implicadas, y se muestran presentes en el 6% de los accidentes estudiados en esta investigación (34 casos). Dentro de esta categoría pueden encontrarse todas las unidades que se describen en los apartados posteriores.

No obstante, en este estudio se pretende estudiar tanto las combinaciones de unidades más frecuentes como la frecuencia de implicación de las diferentes unidades. Por este motivo se analizarán las tres últimas categorías de la Tabla 2.4 en detalle, (dado que los accidentes de una sola motocicleta no contemplan combinaciones de más de una unidad), y los resultados se mostrarán en diferentes tablas. Las tablas que se reportan en la presente sección constan de dos apartados; un primer apartado donde se muestra el número de accidentes de cada combinación de unidades y un segundo con la frecuencia de implicación de cada una de las unidades.

En el apartado de accidentes de cada tabla se reporta el número de accidentes de cada combinación de unidades. Estos accidentes se describen en base a la segunda unidad implicada, dado que la primera siempre será una motocicleta. La segunda unidad puede ser un tipo de vehículo, animal, peatón, bicicleta, una combinación múltiple o una segunda motocicleta, en el caso de accidentes motocicleta/motocicleta. Junto con el número de casos de cada combinación se muestra el porcentaje de esta respecto al total de la categoría y el porcentaje respecto al total de accidentes.

Por otro lado, en el apartado de implicaciones se muestra el número de veces que se ve implicada cada tipo de unidad en el total de accidentes. En estos recuentos se consideran también las apariciones de cada unidad en accidentes múltiples. Hay que considerar, que en accidentes múltiples en el que se ven implicadas dos unidades del mismo tipo aparte de la motocicleta (por ejemplo dos turismos) se consideran dos implicaciones. De esta forma, en este apartado aparece el número de implicaciones de cada unidad, el porcentaje respecto al total de apariciones de las unidades de esta categoría y el porcentaje respecto al total de apariciones.

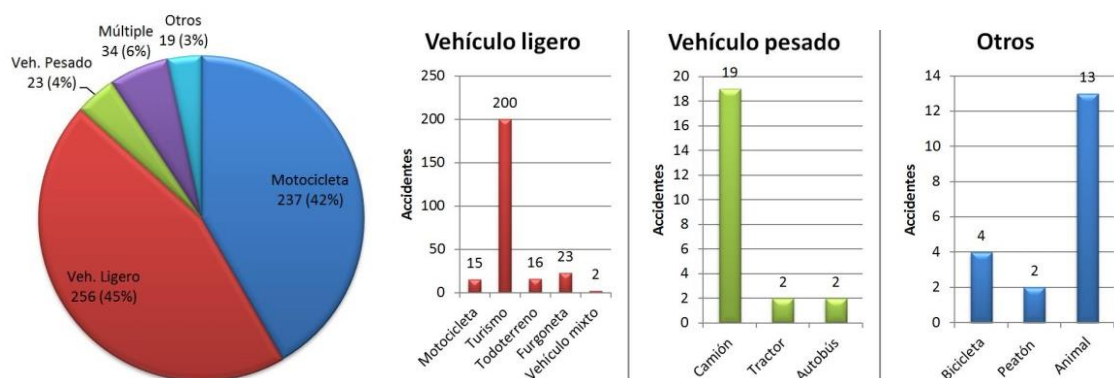
La primera categoría de accidentes son los accidentes de motocicletas con otras unidades, donde se consideran vehículos motorizados. En este grupo se encuentran las combinaciones de vehículos mostradas en la Tabla 2.5 e ilustradas a la Imagen 2.7. Los accidentes con más de una unidad implicada motorizada se pueden subdividir en tres categorías más generales: vehículos ligeros, pesados y accidentes múltiples en el caso de que en la colisión se hayan visto involucradas más de dos unidades (considerando la motocicleta).

Como se observa en la Tabla 2.5, los accidentes de motocicleta con un vehículo ligero representan el 81,8% de los accidentes entre una motocicleta y un vehículo motorizado, que al mismo tiempo corresponde al 45% de los accidentes totales. La combinación más representativa dentro de los vehículos ligeros es la de colisión entre motocicleta y turismo, siendo un 63,9% (200 casos) respecto al total de accidentes de motocicleta con otro vehículo, y el 35,1% de los totales.

Tabla 2.5. Unidades implicadas en los accidentes de motocicleta con otro vehículo motorizado

Unidades	Accidentes	% del total	Implicaciones	% del total	General
Motocicleta	15 4,8%	2,6%	23 6,6%	6,3%	Vehículo ligero 256 acc. (81,8%) 318 acc. (91,1%)
Turismo	200 63,9%	35,1%	243 69,6%	66,0%	
Todoterreno	16 5,1%	2,8%	19 5,4%	5,2%	
Furgoneta	23 7,3%	4,0%	30 8,6%	8,2%	
Vehículo mixto	2 0,6%	0,4%	3 0,9%	0,8%	
Camión	19 6,1%	3,3%	26 7,4%	7,1%	Vehículo pesado 23 acc. (7,3%) 31 acc. (8,9%)
Tractor	2 0,6%	0,4%	3 0,9%	0,8%	
Autobús	2 0,6%	0,4%	2 0,6%	0,5%	
Múltiple	34 10,9%	6,0%	- -	-	Múltiple 34 acc. (10,9%)
Total	313 100%	55,0%	349 100%	94,8%	(100% acc.)/(100% impl.)

Imagen 2.7. Distribución de los accidentes según unidades implicadas y gráficos de distribución según subcategorías



No obstante los turismos se encuentran presentes en prácticamente todos los accidentes múltiples reportados; en 14 accidente múltiples hay un turismo implicado, 13 accidentes múltiples tienen dos turismos junto con la motocicleta como implicados, y en un accidente hay 3 turismos involucrados. De esta forma el porcentaje de turismos implicados suma un 69,6% del total, con 243 turismos.

Los todoterrenos no se han englobado en el grupo de los turismos dado que, por su distribución de masa y sus dimensiones, el centro de gravedad de estos vehículos es mucho más alto que el de un turismo normal. Este hecho comporta que ante un accidente las consecuencias sobre el otro usuario implicado sean muy diferentes. Se han encontrado 16 casos de los 569 totales donde se encuentra involucrado un todoterreno en el accidente, el que supone un 5,1% de los accidentes con otros vehículos y un 2,8% de los accidentes totales. Considerando los accidentes múltiples, el total de implicaciones de furgonetas en los casos es de un 5,4%.

Otro tipo de vehículo ligero es la furgoneta. Debido al gran número de furgonetas en circulación por la red catalana, se halla que los accidentes de motocicletas con estos vehículos son bastante frecuentes (aunque mucho menos que con turismos) con un 7,3% de los accidentes con más de una unidad motorizada (23 casos) y una frecuencia de implicación del 8,6%. Por último se encuentran los vehículos mixtos con 2 casos, que suponen el 0,6% de los accidentes en motocicleta y el 0,4% del total.

El segundo gran grupo de vehículos motorizados es el de vehículos pesados, que representa el 7,3% de los accidentes con motocicletas (23 casos), en la cual predominan los camiones como participantes en la colisión con un 6,1% (3,3% del total). No obstante, sumando el total de camiones con accidentes múltiples incluidos, se observa que su implicación como vehículo pesado se incrementa hasta el 8,3% (un total de 26 camiones). A los camiones le siguen los tractores y autobuses, con solo 2 casos cada uno (0,6% de la categoría de accidentes en motocicleta y 0,4% de los accidentes totales).

Los accidentes múltiples en general suman 34 casos (10,9% de accidentes en motocicleta y 6% de los totales), en los cuales se ven involucrados todas las unidades descritas anteriormente, junto con animales (en combinación con unidades motorizadas).

Por último, el tercer grupo definido en la Tabla 2.5 y representado en la Imagen 2.7 corresponde a los accidentes con unidades involucradas no motorizadas (categoría "Otros"), desglosado en la Tabla 2.6. En esta última categoría se engloban los accidentes con animales, que predominan dentro de este grupo con 13 casos (68,4% de los accidentes dentro de esta categoría y 2,3% de los totales), y considerando los accidentes múltiples son 15 los animales implicados (71,4%). Por otro lado, en un porcentaje menor se encuentran los accidentes con ciclistas con el 21,1% de los casos de este grupo (0,7% del total de accidentes) y los casos con peatones involucrados (2 accidentes, con el 10,5% de la categoría y 0,4% del total).

Tabla 2.6. Distribución de accidentes con unidades no motorizadas

Unidad	Accidentes		% del total	Implicaciones		% del total
Animal	13	68,4%	2,3%	15	71,4%	4,1%
Bicicleta	4	21,1%	0,7%	4	19,0%	1,1%
Peatón	2	10,5%	0,4%	2	9,5%	0,5%
Total	19	100%	3,3%	21	100%	5,40%

2.3.3. Análisis de los tipos de accidentes

Los accidentes reportados en la base de datos han sido clasificados en 10 categorías de forma general, tal y como se puede observar en la Tabla 2.7. Los accidentes de motocicleta más frecuentes son las colisiones de vehículos en marcha, con un 45,9% de los casos, seguido de las salidas de vía (24,6%) y las caídas en la vía (23,4%). El 6,4% restante se distribuye entre las otras siete categorías, siendo la predominante la de colisión con un animal (2,6%), seguido de la colisión con un objeto (1,6%). Finalmente y en una parte minoritaria se encuentran la colisión con un vehículo accidentado y la colisión con ciclista con 3 casos cada categoría (0,5%), la colisión con un vehículo parado y el atropello de peatones con 2 casos cada uno (0,4%) y por último la colisión con un vehículo averiado con un solo caso (0,2%).

Tabla 2.7. Tipos de accidentes

Tipo de accidente	Accidentes	%
Colisión de vehículos en marcha	261	45,9%
Salida de vía	140	24,6%
Caída a la vía	133	23,4%
Colisión con animal	15	2,6%
Colisión con objeto	9	1,6%
Colisión con vehículo accidentado	3	0,5%
Colisión con ciclista	3	0,5%
Colisión con vehículo parado	2	0,4%
Atropello	2	0,4%
Colisión con vehículo averiado	1	0,2%
Total	569	100%

Cada una de las categorías de accidente se ha dividido según los subtipos de accidentes definidos, como se muestra en la Tabla 2.8. En esta tabla se reporta el número de accidentes de cada subcategoría, el porcentaje observado respecto al total de accidentes (569 casos) y el porcentaje respecto al total de la categoría.

La categoría predominante, como se ha descrito anteriormente es la de colisión de vehículos en marcha. Este grupo se describe más exhaustivamente según los subtipos de accidentes, definidos en base al tipo de colisión entre los vehículos. Como descripciones generales se encuentran cuatro categorías (Imagen 2.8), de las cuales predominan las

embestidas posteriores, con 82 casos (31,4% de este tipo de colisiones) y las embestidas laterales con 79 casos (30,3%). Los preceden los rozamientos con 58 casos (22,2%) y por último las colisiones frontales con 42 accidentes (16,1%).

Cada uno de estos tipos de colisiones se pueden describir además en base a la localización del impacto en el vehículo y de la orientación relativa entre vehículos. Un esquema de los subtipos de colisiones se puede observar en la Imagen 2.9.

Imagen 2.8. Tipos de colisiones de vehículos en marcha

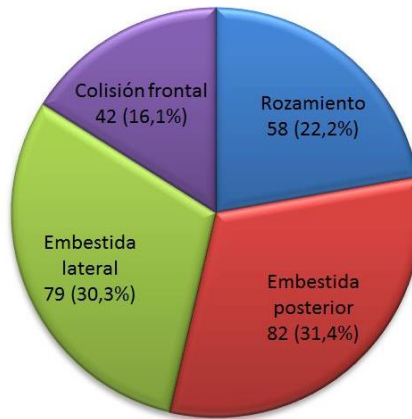


Imagen 2.9. Subtipos de colisiones de vehículos en marcha

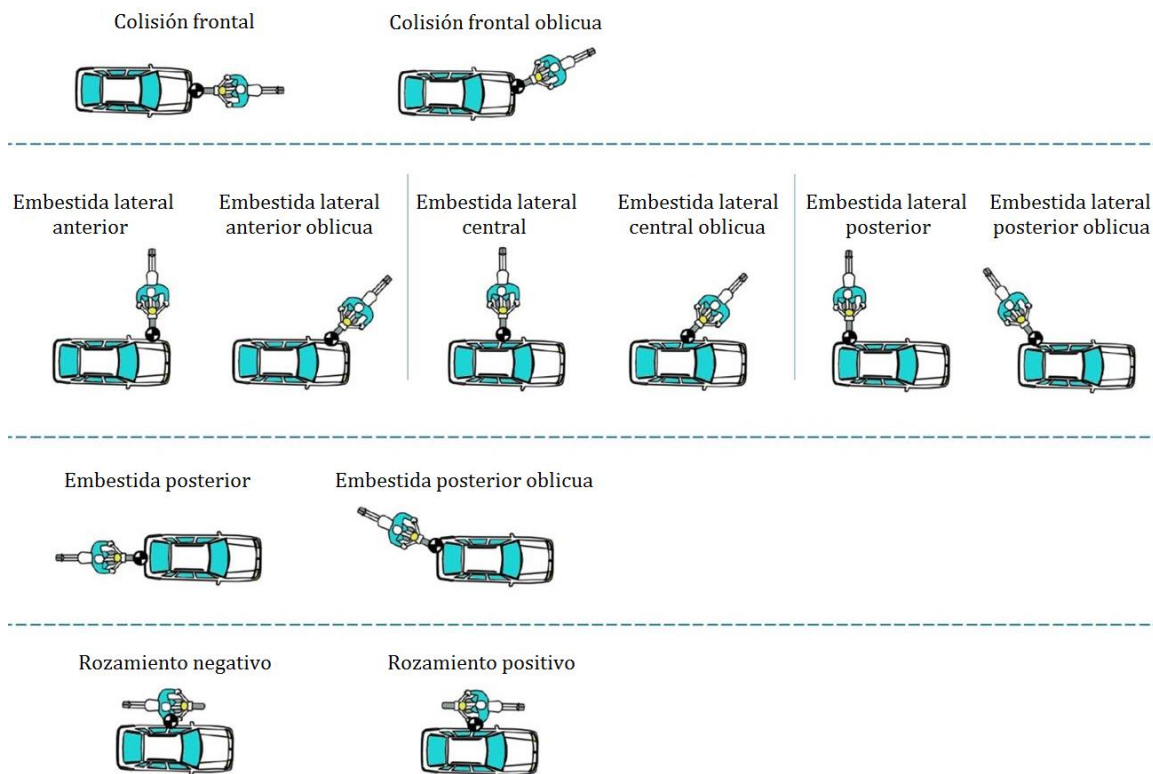


Tabla 2.8. Subtipos de accidentes

Tipo de accidente		Accidentes	% total	% categoría
Caída a la vía	Caída a la vía	115	20,21%	86,47%
	Caída a la vía y colisión	14	2,46%	10,53%
	Caída a la vía por mancha	1	0,18%	0,75%
	Caída a la vía y salida de vía	3	0,53%	2,26%
Salida de vía	Salida de vía	138	24,25%	98,57%
	Salida de vía y colisión	2	0,35%	1,43%
Colisión de vehículos en marcha	Colisión anterior inversa	1	0,18%	0,38%
	Colisión frontal	20	3,51%	7,66%
	Colisión frontal oblicua	20	3,51%	7,66%
	Colisión frontal por avería	1	0,18%	0,38%
	Embestida lateral	3	0,53%	1,15%
	Embestida lateral anterior	5	0,88%	1,92%
	Embestida lateral anterior oblicua	24	4,22%	9,20%
	Embestida lateral central	10	1,76%	3,83%
	Embestida lateral central oblicua	20	3,51%	7,66%
	Embestida lateral posterior	2	0,35%	0,77%
	Embestida lateral posterior oblicua	15	2,64%	5,75%
	Embestida posterior	71	12,48%	27,20%
	Embestida posterior oblicua	11	1,93%	4,21%
	Rozamiento negativo	27	4,75%	10,34%
	Rozamiento positivo	31	5,45%	11,88%
Colisión con vehículo accidentado	Colisión con vehículo accidentado	3	0,53%	100%
Colisión con vehículo parado	Embestida lateral central oblicua	1	0,18%	50%
	Embestida posterior	1	0,18%	50%
Colisión con vehículo averiado	Embestida lateral	1	0,18%	100%
Colisión con animal	Colisión con animal	13	2,28%	86,67%
	Colisión con animal y colisión	2	0,35%	13,33%
Colisión con ciclista	Colisión frontal	1	0,18%	33,33%
	Embestida lateral	2	0,35%	66,67%
Colisión con objeto	Colisión con objeto	9	1,58%	100%
Atropello	Atropello	2	0,35%	100%
Total		569	100%	

Los accidentes más frecuentes dentro de las colisiones de vehículos en marcha son las embestidas posteriores (27,2% de la categoría y 12,5% del total), seguido de los rozamientos positivos (11,9%), los rozamientos negativos (10,3%) y las embestidas laterales anteriores oblicuas (9,2%). Le siguen las colisiones frontales y colisiones frontales oblicuas y las embestidas laterales centrales oblicuas (7,7% cada una).

Con un porcentaje menor, se encuentran las embestidas laterales posteriores oblicuas (5,8%) y las embestidas posteriores oblicuas (4,2%). El resto de categorías tienen 10 o menos casos, no superando en ningún caso el 4% de la categoría y el 2% del total de accidentes. Tres de los 82 casos de embestida lateral no han podido ser clasificados por falta de información, y se describen simplemente como “embestida lateral”.

Las caídas y salidas de vía son los tipos de accidentes más frecuentes después de las colisiones de vehículos en marcha, con 133 casos (23,4%) y 140 casos (24,6%) respectivamente (Tabla 2.7). Dentro de las salidas de vía, el 1,4% de los casos de la categoría ha derivado en una colisión posterior con otro vehículo (2 casos), y de las caídas de vía, han sido 14 los accidentes que han provocado una colisión a posteriori (10,5% de las caídas en la vía). Por otro lado, el 2,3% de las motocicletas caídas en la vía han salido de la vía después de la caída (3 casos). En uno de los casos, la caída ha sido debida a la presencia de una mancha o sustancia resbaladiza en el pavimento.

Del resto de categorías, predomina con un menor número que las descritas anteriormente las colisiones con animales (15 casos, 2,6% de los accidentes), de las cuales 2 casos han derivado en una colisión posterior de la motocicleta con un segundo vehículo. Le preceden las colisiones con un objeto (1,6%), con ciclistas (0,5%) y con un vehículo ya accidentado (0,5%). Finalmente se encuentran los atropellos (0,35%), las colisiones con vehículos parados (0,35%) y las colisiones con vehículos averiados (1 caso, 0,18%).

Hay que mencionar que el reducido número de atropellos se debe a la localización de los mismos, que se producen en zonas interurbanas dónde en pocas ocasiones se encuentran pasos de peatones o similar para que se produzca la interacción y simultaneidad en la localización de vehículo y peatón.

2.4. Resultados de micro accidentalidad

El estudio de la micro accidentalidad se centra en el análisis de patrones y conductas de los usuarios implicados en el accidente, tales como la responsabilidad personal de cada involucrado, la acción previa de los usuarios en cada accidente, las características específicas de los conductores, o aspectos concretos de la vía.

En el desarrollo del análisis desde una perspectiva de micro accidentalidad se ha estudiado:

- Acciones previas al accidente:

Se investigan las acciones previas al accidente de cada usuario implicado, buscando las acciones más frecuentes y las combinaciones de las mismas que acaban en colisión. Estas variables se han rellenado a partir de la lectura de atestados. (Variables: Unidades implicadas, acción previa motocicleta, acción previa segunda unidad)

- Responsabilidad y causa del accidente:

Enfocado en el análisis de la responsabilidad de la colisión. La variable responsabilidad se ha obtenido a partir del estudio de los atestados y la probable evolución descrita en ellos, donde se especifica la responsabilidad de los usuarios en el accidente, determinada por reconstructores de accidentes de la unidad correspondiente de los Mossos d'Esquadra. El objetivo es encontrar en qué tipos de accidentes predomina más la responsabilidad de la motocicleta y en cuales la de la segunda unidad. Así mismo también se analiza el motivo o causa del accidente, y se investiga simultáneamente con la responsabilidad de la colisión, con el objeto de encontrar si ciertas unidades son usualmente responsables al cometer los mismos errores o infracciones. (Variables: Tipo de unidades, tipos de accidente, subtipo de accidente, responsabilidad, causa principal del accidente)

- Maniobra:

Los accidentes habían sido codificados previamente en base a tres sistemas de codificación existentes: CADaS, GDV y danés. Para unificarlos, se ha codificado uno a uno con un nuevo sistema de codificación apto y adecuado para la red viaria catalana y para el accidente de la motocicleta. Este sistema ha sido desarrollado para describir en base a un único código para cada sistema la evolución del accidente. Esta información resulta de gran utilidad para analizar la información, reducir el número de variables y perder la mínima información.

Para codificar las maniobras se han leído todos los atestados y su evolución, y se ha analizado el plano de cada atestado. Con toda la información se estudiarán los accidentes más típicos. (Variables: Maniobra CADaS, maniobra GDV, maniobra danesa, codificación nueva)

2.4.1. Análisis de las acciones previas al accidente

En base a las descripciones de la evolución del accidente y con el análisis de los planos de los atestados se han descrito las acciones previas de los implicados antes de la colisión. El análisis de las maniobras de los vehículos previas al propio accidente se desarrolla con el fin de identificar aquellas acciones o combinación de las mismas que son más frecuentes y que por lo tanto comportan un posterior accidente.

Las acciones previas de los accidentes de motocicleta reportados se han descrito en base a 33 posibles valores con el objetivo de describir con precisión el desarrollo del accidente en función de variables y sin la necesidad de texto. No obstante para realizar el estudio de las acciones previas, estas se han agrupado en categorías más generales.

Las acciones previas por parte de la motocicleta han sido divididas en 9 categorías de forma general, tal y como se muestra en la Tabla 2.9. De los 569 casos totales, en 283 casos la motocicleta circulaba en trayectoria recta (49,7%) seguido de la circulación por una curva (205 casos, 36%) y el adelanto (31 casos, 5,4%). Con un menor peso se encuentran los accidentes en los que la motocicleta circula por una glorieta con un total de 19 casos (3,3%), y durante un cambio de carril con 10 casos (1,8%). Finalmente con 4 accidentes cada categoría se encuentran los accidentes en accesos para incorporarse a la vía principal o secundaria y accidentes al salir por acceso.

De los 569 casos, 333 accidentes se producen, como se ha descrito en el apartado anterior, con otra unidad. En base a esta división se observa que gran parte de los accidentes en trayectoria recta son con otra unidad (212 accidentes con un 63,7%), así como los accidentes cuando la moto se encuentra avanzando (30 casos con un 9%), cambiando de carril (8 casos con el 2,4%), o en los accidentes cuando la motocicleta es en un acceso o incorporándose a otra vía (9 accidentes y 3 respectivamente, que corresponde al 2,7% y 0,9%). Por otro lado, los accidentes cuando la moto circula por una curva disminuyen a una cuarta parte de los casos (56 accidentes, 16,8%) así como los accidentes cuando sale por un acceso (1 caso, 0,3%). Los accidentes en glorieta disminuyen a la mitad del total (10 casos, 3%).

Tabla 2.9. Maniobra general previa de la motocicleta

Tipo de accidente	Accidentes	%	Con otra unidad	%
Adelantando	31	5,4%	30	9,0%
Cambiando de carril	10	1,8%	8	2,4%
Circulando por curva	205	36%	56	16,8%
Trayectoria recta	283	49,7%	212	63,7%
En acceso para incorporarse a vía principal	9	1,6%	9	2,7%
Saliendo por acceso	4	0,7%	1	0,3%
Incorporándose a vía principal / secundaria	4	0,7%	3	0,9%
Entrando, saliendo o circulando por glorieta	19	3,3%	10	3,0%
Otros	4	0,7%	4	1,2%
Total	569	100%	333	100%

Un análisis interesante es la posible relación entre la acción previa y el tipo de accidente. Dado que un estudio de estas características contempla un gran número de datos para cada variable y sus combinaciones, este análisis se ha desglosado en diferentes partes. Un primer estudio es la relación entre maniobra previa y accidente para las colisiones de motocicleta sola.

Dentro de los accidentes de motocicleta sola se encuentran, como se ha descrito en apartados anteriores, las caídas a la vía, salidas de vía y colisiones con objeto. Estos tipos de colisiones se han relacionado con las maniobras previas posibles de la motocicleta en una tabla de contingencia (Tabla 2.10), de la cual se extraen diferentes observaciones.

Tabla 2.10. Maniobra previa y tipo de accidente en colisiones de motocicleta sola

Maniobra previa general	Maniobra previa	Caída a la vía	Salida de vía	Colisión con objeto	Total
Avanzando	Avanzando izquierda	0	0	1	1
Cambiando de carril	Cambio de carril	1	0	1	2
Circulando por curva	Curva a derecha	26	36	0	62
	Curva a izquierda	30	46	1	77
	Saliendo rev. derecha	0	2	0	2
	Saliendo rev. izquierda	0	7	0	7
Trayectoria recta	Trayectoria recta	32	35	4	71
Saliendo por acceso	Saliendo a la derecha	1	2	0	3
Incorporándose a vía	Desde acceso T a derecha	0	1	0	1
Entrando, saliendo o circulando por glorieta	Entrante	3	0	0	3
	Saliente	3	0	0	3
	Circulando dentro	3	0	0	3
Total		99	130	7	236

Los accidentes más frecuentes son los producidos cuando la motocicleta circula por una curva, una trayectoria recta o circulando por una glorieta. Entre los accidentes en una curva predominan los producidos en curvas a la izquierda frente a los accidentes en curvas a la derecha (44,6% y 55,4% respectivamente), y en ambos casos se producen más salidas de vía que caídas (aproximadamente un 40% de caídas frente un 60% de salidas de vía). No obstante, en todos los accidentes acontecidos al salir de una curva se producen salidas de vía. En relación a los accidentes en trayectoria recta, no se observa una diferencia significativa entre caídas y salidas de vía (35 salidas y 32 caídas a la vía en trayectorias rectas). Sí que se concluye, pero, que en todos los accidentes producidos al entrar, salir o circular por una glorieta se producen caídas a la vía. Por otro lado se observa que las colisiones con objetos vienen precedidas por un adelanto o un cambio de carril, o mientras la motocicleta circula por trayectoria recta o curva a la izquierda.

Respecto a las colisiones entre vehículos en marcha, se estudia qué acción previa de la motocicleta y de la segunda unidad en el mismo caso desemboca en un accidente, es decir, qué combinaciones de acciones previas a la colisión entre ambas unidades produce de forma más frecuente un accidente.

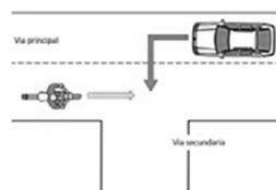
En el primer caso con un 23,1% de los accidentes entre unidades se producen cuando motocicleta y otra unidad circulan en trayectoria recta. Estas colisiones se manifiestan habitualmente debido a la aparición repentina de retenciones o alguna situación que comporta el frenazo de la segunda unidad y la colisión posterior de la motocicleta que circula detrás, debida a la carencia de atención de ésta, velocidad inadecuada o carencia de distancia de seguridad. Otra opción de colisión es la situación en la cual la motocicleta y la otra unidad circulan en sentidos opuestos en carriles adyacentes, y debido a la carencia de atención o una ejecución inadecuada de alguna maniobra, alguna de las unidades se desplaza lateralmente dentro del carril hasta producirse un rozamiento positivo con la otra unidad.

Imagen 2.10. Colisión de motocicleta y otra unidad en trayectoria recta ambas



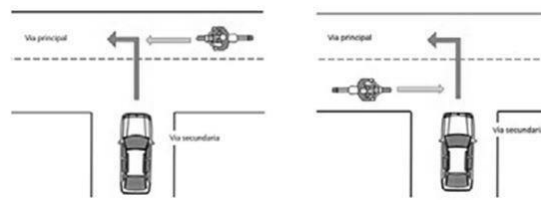
La combinación más destacada después de la anterior es la producida cuando la motocicleta circula en trayectoria recta, y la segunda unidad gira desde una vía principal a una vía secundaria que se encuentra a la izquierda (8,9%). La opción más habitual es cuando la motocicleta y la otra unidad circulan en la misma vía en sentidos contrarios, la segunda unidad quiere girar a la izquierda para acceder a una vía secundaria sin preferencia de giro y embiste lateralmente a la motocicleta que circula por el sentido contrario con preferencia, el que implica que la responsabilidad de este accidente es frecuentemente de la segunda unidad.

Imagen 2.11. Colisión de motocicleta en trayectoria recta y otra unidad girando a vía secundaria



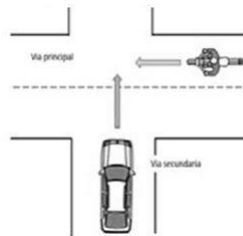
Otra combinación es producida cuando la motocicleta circula en trayectoria recta y la segunda unidad gira a una vía principal desde una vía secundaria a su izquierda (5,9%). El caso más repetido es cuando la segunda unidad circula por una vía secundaria y se incorpora a la vía principal en sentido izquierdo sin respetar la prioridad de paso de la motocicleta que circula por la vía mencionada en sentido derecho, produciéndose una embestida lateral de la motocicleta a la otra unidad cuando esta está girando, habitualmente precedida por un frenazo de la motocicleta para intentar evitar la colisión. También se puede dar cuando la motocicleta circula en sentido izquierdo y la segunda unidad se incorpora también en sentido izquierdo, cortando la trayectoria de la motocicleta, la cual tiene preferencia, y produciéndose una embestida posterior (y habitualmente oblicua) de la motocicleta a la segunda unidad.

Imagen 2.12. Colisión de motocicleta en trayectoria recta y otra unidad girando a vía principal



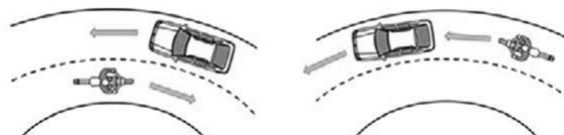
Con un porcentaje menor se encuentra la colisión cuando la motocicleta circula en trayectoria recta y la segunda unidad cruza la vía principal perpendicularmente (2,5%), usualmente sin preferencia y por tanto cortando la trayectoria de la motocicleta, lo que comporta una embestida lateral de la motocicleta a la unidad o al revés.

Imagen 2.13. Colisión de motocicleta en trayectoria recta y otra unidad cruzando vía principal perpendicularmente



Otro tipo de colisión frecuente es la producida cuando ambos vehículos circulan por una curva, de las cuales la más habitual es cuando la motocicleta circula por una curva a derechas y la otra unidad en curva a izquierdas (5,5%), seguida de la colisión cuando la motocicleta circula por curva a izquierdas y la otra unidad a derechas (2,8%). Los accidentes en estos casos se producen cuando ambas unidades circulan por la misma curva en sentidos contrarios, y chocan frontalmente o se produce un rozamiento positivo al invadir una unidad el carril de la otra (habitualmente la invasión se produce por parte de la motocicleta). A estas le siguen las colisiones cuando ambas unidades circulan por curva a derechas o a izquierdas (2,2% cada una). En estos casos el accidente consiste habitualmente en una embestida posterior cuando ambas unidades circulan por el mismo carril, o una colisión entre los implicados cuando previamente la motocicleta ha caído a la vía.

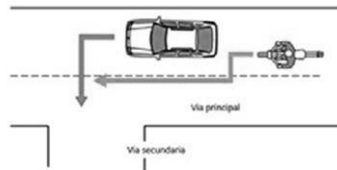
Imagen 2.14. Colisión de motocicleta y otra unidad circulando en curva



Con menos presencia que las anteriores pero con porcentajes destacados respecto el resto se encuentran tres combinaciones más; la primera consiste en una colisión cuando la motocicleta se encuentra adelantando por la izquierda y la segunda unidad girando a una vía secundaria a la izquierda (3,4%). En este tipo de combinación la motocicleta, con

intención de adelantar a la segunda unidad la embiste lateralmente cuando esta quiere acceder a otra vía secundaria a su izquierda.

Imagen 2.15. Colisión de motocicleta adelantando y otra unidad girando a vía secundaria



Finalmente, con un porcentaje ligeramente menor se encuentran las colisiones producidas cuando la motocicleta circula en trayectoria recta y la otra unidad cambiando al carril derecho; estos accidentes frecuentemente se producen cuando la segunda unidad quiere incorporarse de nuevo al carril lento después de un adelanto, y no respeta la preferencia de paso de la motocicleta que ya circula por el carril mencionado. El mismo caso se produce cuando la otra unidad cambia al carril izquierdo para adelantar al vehículo que la precede, chocando con la motocicleta que ya circula por el carril izquierdo y por tanto sin respetar su prioridad de paso (2,5%).

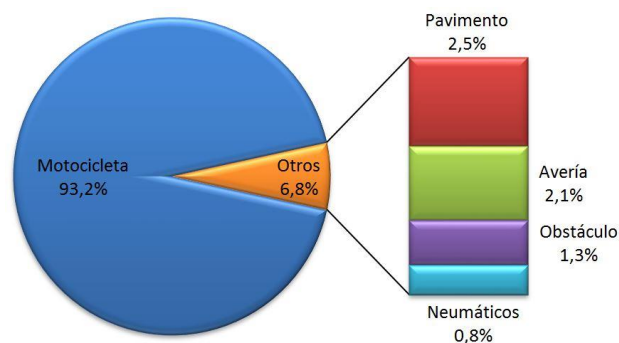
Imagen 2.15. Colisión de motocicleta y otra unidad circulando en curva



2.4.2. Análisis de la responsabilidad del accidente

Con el fin de analizar la responsabilidad en el accidente de los diferentes implicados, se ha seguido y analizado la evolución de los accidentes descrita en los atestados junto con los planos. Con esta información se han definido tres variables; causa principal del accidente, causa secundaria (si existe) y responsabilidad.

Imagen 2.16. Responsabilidad del accidente en colisiones de motocicleta sola



El análisis en este apartado se realizará por separado; primero se desarrolla un estudio de responsabilidad para los accidentes de motocicleta sola, donde se buscan las causas más frecuentes del accidente, y posteriormente se realiza el análisis de la responsabilidad del accidente en colisiones de vehículos en marcha. En esta segunda parte también se estudia la causa del accidente y se expresa de forma simultánea con la responsabilidad, buscando

qué causas vienen asociadas en cada unidad.

De los 237 casos en que en el accidente solo ha implicada una motocicleta, en un 93,2% de los casos (221 accidentes) la responsabilidad es del propio conductor (Imagen 2.16). Las causas que se engloban en el 6,8% restante son la presencia de una avería en el vehículo como la causante del accidente con un 2,1% (5 casos), el estado del pavimento con un 2,5% (6 casos), la presencia de un obstáculo en la vía con un 1,3%(3 casos) y la presión o estado de los neumáticos con un 0,8% (2 casos).

La Tabla 2.11 resume las causas principales de los accidentes, de las cuales las marcadas en color verde son las no asociadas a una responsabilidad del motorista. De los 237 accidentes de motocicleta sola, en 228 solo se ha definido una causa, mientras que en los 18 restantes se han descrito dos causas. Estas se agruparán como causas individuales para poder conocer la frecuencia de aparición de cada una de las diferentes causas.

Tabla 2.11. Causa principal del accidente en colisiones de motocicleta sola

Causa del accidente	Total	% total
Alcoholemia	10	4,07%
Drogas	1	0,41%
Velocidad inadecuada	91	36,99%
Falta de atención	59	23,98%
Ejecución maniobra incorrecta	57	23,17%
Falta de experiencia	2	0,81%
Indisposición	3	1,22%
Somnolencia	1	0,41%
Falta de distancia de seguridad	2	0,81%
Conducción negligente o temeraria	1	0,41%
Adelanto antirreglamentario	1	0,41%
Circular por arcén	1	0,41%
Avería	5	2,03%
Obstáculo	3	1,22%
Falta de iluminación	0	0%
Pavimento mojado	1	0,41%
Pavimento en mal estado	2	0,81%
Mancha en el pavimento	3	1,22%
Neumáticos en mal estado	2	0,81%
Otros	1	0,41%
Total	246	100%

De la tabla se concluye que la causa principal de los accidentes es la velocidad inadecuada (37%), seguido de falta de atención del conductor de la motocicleta (24%) y la ejecución de una maniobra incorrecta (23,2%). En un menor porcentaje se encuentra la presencia de alcohol en el organismo del motorista (4,1%) y la falta de experiencia (0,8%).

En el 7% de los casos (17 accidentes) la responsabilidad no es de la motocicleta, sino de causas relacionadas con la climatología, motocicleta o infraestructura entre otros.

Respecto a los accidentes entre vehículos o unidades en marcha (con un total de 329 casos), la responsabilidad de cada usuario se reporta en la Tabla 2.12. De estos, en un caso no se ha podido determinar la responsabilidad del accidente ni la causa. La segunda columna de la tabla describe la responsabilidad de la motocicleta, y la tercera columna la de la segunda unidad implicada. La identidad de la segunda unidad viene identificada en la primera columna, que define la combinación de unidades implicadas en el accidente, donde la primera (designada con "M") siempre será la motocicleta.

Tabla 2.12. Responsabilidad del accidente en colisiones de vehículos en marcha

	Motocicleta	% Total	Otro vehículo	% Total	Avería	% Total
M/Motocicleta	15	4,6%	0	0%	0	0%
M/ Turismo	90	27,4%	104	31,6%	3	0,9%
M/Todoterreno	9	2,7%	7	2,1%	0	0%
M/ Furgoneta	11	3,3%	10	3%	1	0,3%
M/ Vehículo mixto	1	0,3%	1	0,3%	0	0%
M / Autobús	2	0,6%	0	0%	0	0%
M / Camión	12	3,6%	6	1,8%	1	0,3%
M / Tractor	1	0,3%	1	0,3%	0	0%
M / Animal	0	0%	13	4%	0	0%
M / Bicicleta	4	1,2%	0	0%	0	0%
M / Peatón	0	0%	2	0,6%	0	0%
Múltiple	18	5,5%	15	4,6%	1	0,3%
Total	163	50%	159	48,3%	6	1,8%

La responsabilidad del accidente es muy similar entre motocicleta y segunda unidad, con solo 4 casos de diferencia (163 casos la motocicleta, 159 la segunda unidad). En un 1,8% de los casos el accidente se produce debido a una avería o similar. Se observa que en casi todos los tipos de combinaciones entre vehículos la responsabilidad de la motocicleta se comprende entre el 46% y el 56%, excepto en accidentes con camiones donde la motocicleta es la responsable de la colisión en el 63% de los accidentes, mientras los camiones lo son en el 32%.

En accidentes con bicicleta y autobús la motocicleta es la responsable de todos los accidentes (hay que tener en cuenta que el número de colisiones de estas combinaciones es baja, no excediendo los 4 casos debido a que los accidentes se producen en zona interurbana). Por otro lado en los accidentes con animales y peatones toda la responsabilidad es de estos usuarios.

Tabla 2.13. Responsabilidad del accidente en %

	% Motocicleta	% Otro Vehículo	% Avería
M/Motocicleta	100%	0%	0%
M/ Turismo	46%	53%	2%
M/Todoterreno	56%	44%	0%
M/ Furgoneta	50%	45%	5%
M/ Vehículo mixto	50%	50%	0%
M / Autobús	100%	0%	0%
M / Camión	63%	32%	5%
M / Tractor	50%	50%	0%
M / Animal	0%	100%	0%
M / Bicicleta	100%	0%	0%
M / Peatón	0%	100%	0%
Múltiple	53%	44%	3%

Respecto a la causa del accidente en colisiones de vehículos en marcha, hay un total de 329 casos con una causa, y en cuatro de ellas se encuentran dos causas (18 casos), sumando un total de 246 causas, resumidas en la Tabla 2.14.

Respecto a la causa del accidente en colisiones de vehículos en marcha, de los 333 casos, en uno de ellos no se puede determinar la causa principal del accidente, y en cuatro se encuentran dos causas, sumando un total de 335 causas, resumidas en la Tabla 2.14.

Entre las colisiones de vehículos en marcha, cuando la responsabilidad es del motorista, las causas principales son la falta de atención (27,9%), seguido de la invasión del sentido contrario (13,3%) y la falta de distancia de seguridad con el otro vehículo (12,7%). Con un porcentaje ligeramente inferior se encuentra como causa principal el adelanto antirreglamentario (11,5%), la velocidad inadecuada (11,5%) y la ejecución de una maniobra incorrecta (9,7%).

Por otro lado, observando los casos en los cuales el responsable es el otro vehículo, la causa principal predominante es el cambio de sentido sin respetar la prioridad de paso de la motocicleta (25%). Esta categoría engloba los casos en que el turismo quiere acceder a otra vía, ya sea principal o secundaria, y no respeta la prioridad de paso del motorista. Con un porcentaje próximo le sigue la invasión del sentido contrario (11%), la falta de atención (10,4%) y el no respetar la prioridad de paso en casos que no contemplan el cambio de sentido, tales como la entrada en glorieta, cruzar la vía principal u otras (9,1%).

Tabla 2.14. Causa del accidente según la responsabilidad de los usuarios para colisiones de vehículos en marcha

Causa del accidente	Motocicleta		Otro vehículo		Total
Alcoholemia	1	0,6%	4	2,4%	5
Drogas	0	0%	1	0,6%	1
Velocidad inadecuada	10	11,5%	0	0%	10
Falta de atención	46	27,9%	17	10,4%	63
Ejecución maniobra incorrecta	16	9,7%	8	4,9%	24
Falta de experiencia	1	0,6%	0	0%	1
Indisposición	1	0,6%	0	0%	1
Somnolencia	1	0,6%	0	0%	1
Falta de distancia de seguridad	21	12,7%	2	1,2%	23
Conducción negligente o temeraria	4	2,4%	6	3,7%	8
Adelanto antirreglamentario	19	11,5%	8	4,9%	27
Cambio carril sin respetar prioridad	6	3,6%	16	4,8%	22
Cambio de sentido antirreglamentario	0	0%	9	5,5%	9
Cambio de sentido sin respetar prioridad	2	1,2%	41	25%	43
Circular por arcén	2	1,2%	0	0%	2
Invasión del sentido contrario	22	13,3%	18	11%	40
No respetar prioridad de paso	3	1,8%	15	9,1%	18
Avería	0	0%	0	0%	6
Irrupción de animal	0	0%	15	9,1%	15
Otros	1	0,6%	4	2,4%	5
Total	165	100%	164	100%	335

2.4.3. Codificación de maniobras y análisis

La codificación de maniobras de los accidentes es una herramienta de gran utilidad debido a la gran cantidad de información que aporta en una sola variable. Así pues, solo a partir de un código se puede describir la evolución del accidente, las características genéricas de la vía e incluso predecir el tipo de colisión que se ha producido sin necesidad de descripciones mediante texto. Además esta codificación permite un análisis posterior de los tipos de accidentes.

La descripción con variables descriptivas del tipo de accidente no es un método suficientemente preciso y descriptivo capaz de englobar mucha información. Por ejemplo, es necesario conocer la dirección en la cual se produce la salida de vía con el fin de poder tomar medidas directas sobre la vía tales como introducir protecciones en el lado adecuado y poder ahorrar costes. Mediante la variable de subtipo de accidente, solo se puede describir la salida de vía, y para poder aportar información como que la salida se produjo en una curva, que la curva era a la derecha o izquierda, o que la salida se produjo por el margen exterior o interior de la curva, se necesitan tres o más variables. No solo esto, sino que las lesiones que se producen en una salida de vía o una caída a la vía son diferentes, y por este motivo se necesita una codificación que indique cuál de los dos tipos de accidentes se ha producido.

Anteriormente, los accidentes habían sido codificados previamente en base a tres sistemas

de codificación existentes: CAdS, GDV y danés. Para unificarlos, se ha codificado uno a uno los 569 accidentes con un *nuevo sistema de codificación* apto y adecuado para la red viaria catalana y para el accidente de motocicleta. Este sistema ha sido desarrollado para describir en base a un único código para cada sistema la evolución del accidente. Esta información resulta de gran utilidad para analizar la información, reducir el número de variables y perder la mínima información. Se adjunta el documento 'Codificación de Maniobras de accidentes' que contiene esta nueva codificación en el Anexo 1.

Accidentes de vehículo solo

- Accidentes en vía recta

De los 569 casos estudiados, el recuento de accidentes de motocicleta sola circulando por vía recta se resume en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Recuento de casos de accidentes en vía recta

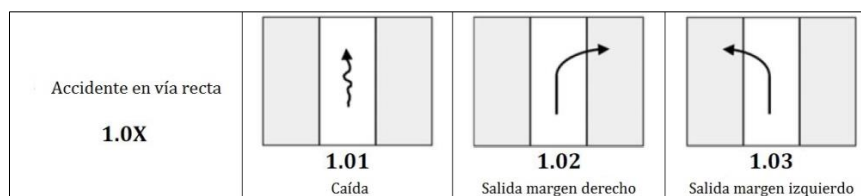
Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
1.01	24	48,0%	4,2%
1.02	17	34,0%	3,0%
1.03	9	18,0%	1,6%
Total	50	100%	8,8%

Se recogen un total de 50 casos de accidentes de este tipo, que corresponde al 8,8% del total de accidentes. Estos accidentes pueden deberse a la aparición de una pendiente, un estrechamiento de la vía, un desnivel en el pavimento, una frenada al ver una retención o incluso una falta de atención a la hora de conducir.

En primer lugar tenemos la maniobra 1.01 (24 casos; 4,2%) que representa la caída a la vía circulando en línea recta, seguido de la maniobra 1.02 (17 casos; 3%) que simboliza la salida del motorista por el margen derecho de la vía y en último lugar tendríamos la maniobra 1.03 (9 casos; 1,6%) con la salida por el margen izquierdo.

Por tanto, se observa que la salida de vía por el margen derecho es más frecuente que por el margen izquierdo.

Imagen 2.17. Códigos para accidentes de motocicleta sola en vía recta



- Accidentes en curva

El recuento de accidentes de cada maniobra en vía curva se resume en la Tabla 2.16. El total de accidentes en curva suma 160 casos (28,1%).

Tabla 2.16. Recuento de casos de accidentes en curva

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
1.11	23	14,4%	4,0%
1.12	36	22,5%	6,3%
1.13	7	4,4%	1,2%
1.21	21	13,1%	3,7%
1.22	62	38,8%	10,9%
1.23	3	1,9%	0,5%
1.31	3	1,9%	0,5%
1.32	1	0,6%	0,2%
1.41	2	1,3%	0,4%
1.42	2	1,3%	0,4%
Total	160	100%	28,1%

Observando la tabla anterior, el caso más repetido es el de la maniobra 1.22 (62 casos; 10,9%) que representa los accidentes en curva a la izquierda donde el motorista se sale de la vía por el margen externo. Seguido de la maniobra 1.12 (36 casos; 6,3%) que es el mismo caso pero con la curva hacia la derecha y la maniobra 1.21 (21 casos; 3,7%) que representa una caída a la vía en curva hacia la izquierda. En el último puesto, y por tanto la menos ocurrida, está la maniobra 1.32 (1 caso; 0,2%) donde el motorista se sale de la vía en curva en S a la derecha.

Imagen 2.18. Códigos para accidentes de motocicleta sola en curva

Accidente en curva a la derecha 1.1X	 1.11 Caída	 1.12 Salida margen externo	 1.13 Salida margen interno
Accidente en curva a la izquierda 1.2X	 1.21 Caída	 1.22 Salida margen externo	 1.23 Salida margen interno
Accidente en curva en S a la derecha 1.3X	 1.31 Caída	 1.32 Salida (ambos lados)	
Accidente en curva en S a la izquierda 1.4X	 1.41 Caída	 1.42 Salida (ambos lados)	

Estos accidentes pueden ocurrir como consecuencia del radio de curvatura y la velocidad a la hora de girar por ella, ya que cuanto más pequeño sea su radio más cerrada será la curva y por tanto a menos velocidad debemos girar.

- **Accidentes en intersecciones**

El total de accidentes de motocicleta sola en intersecciones asciende a 24 casos (25,3%) definidos en la Tabla 2.17 para este tipo de colisiones.

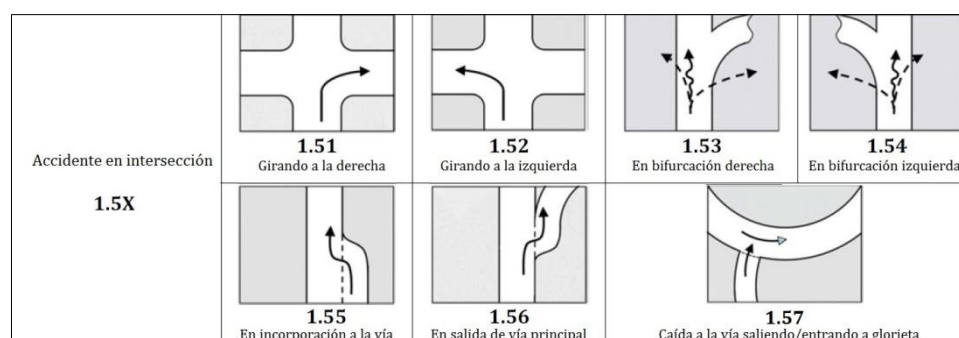
Tabla 2.17. Recuento de casos de accidentes en intersección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
1.51	1	4,2%	0,2%
1.52	0	0%	0%
1.53	2	8,3%	0,4%
1.54	2	8,3%	0,4%
1.55	1	4,2%	0,2%
1.56	6	25,0%	1,1%
1.57	12	50,0%	2,1%
Total	24	100%	25,3%

La maniobra más repetida es la 1.57 (12 casos; 2,1%) que representa la caída a la vía entrando o saliendo de una glorieta. Este tipo de accidente se puede deber a una frenada brusca al llegar a la rotonda, a un exceso de velocidad antes o después de ella o a la aparición de un vehículo dentro de la misma.

En segundo lugar está la maniobra 1.56 (6 casos; 2,1%) que resume aquellos accidentes ocurridos a la salida de una vía principal, seguida de los accidentes 1.53 y 1.54 (2 casos; 0,4% para ambos) provocados por una mala salida o choque en una bifurcación a la derecha o izquierda.

Imagen 2.19. Códigos para accidentes de motocicleta sola en intersección



Accidentes con obstáculo/especial

- Accidentes contra obstáculo o en situaciones especiales

Los accidentes de motocicleta sola en condiciones especiales (con animales, objetos, barreras, trenes u otros) causan un 7,4% del total de los accidentes con 42 casos y se recogen en la Tabla 2.18.

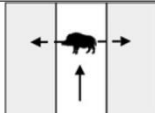
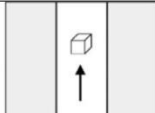
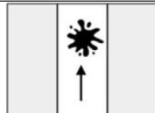
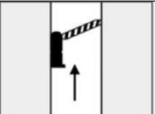

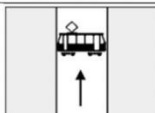
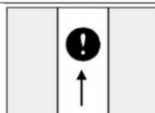
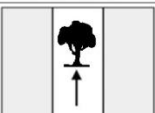

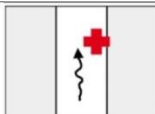
Tabla 2.18. Recuento de casos de accidentes en situaciones especiales

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
2.01	15	35,7%	2,6%
2.02	5	11,9%	0,9%
2.03	2	4,8%	0,4%
2.04	1	2,4%	0,2%
2.05	2	4,8%	0,4%
2.06	0	0%	0%
2.07	1	2,4%	0,2%
2.08	1	2,4%	0,2%
2.11	11	26,2%	1,9%
2.12	4	9,5%	0,7%
Total	42	100%	7,4%

Respecto a los accidentes con objetos en la vía (27 casos; 4,9%), hay que destacar que se producen un total de 15 accidentes con animal según el código 2.01 (2,6%), seguido de la maniobra 2.02 (5 casos, 0,9%) por colisión con un obstáculo, y a continuación hay dos casos en igualdad (2 casos, 0,4%) referentes a los códigos 2.03 y 2.05 referentes a conflictos por presencia de sustancia en la vía y conflicto con un vehículo averiado.

Respecto a los accidentes producidos por una avería o indisposición (15 casos; 2,6%). Destacando el código 2.11 que es el más repetido con un total de 11 casos (1,9%).

Imagen 2.20. Códigos para accidentes en situaciones especiales

Conflicto con obstáculo 2.0X				
	2.01 Con animal	2.02 Con obstáculo	2.03 Por sustancia en la vía	2.04 Con barrera
				
	2.05 Con vehículo averiado	2.06 Con tranvía/tren	2.07 Con otro tipo de obstáculo	2.08 Con árbol
Conflicto por avería/indisposición 2.1X				
	2.11 Por avería del vehículo	2.12 Por enfermedad/indisposición		

Accidentes con peatón (P) / vehículo no motorizado (VNM)

- Accidentes en sección

Los accidentes en sección que consisten en conflictos entre la motocicleta y un usuario más vulnerable, ya sea peatón o bicicleta, se recogen en la Tabla 2.19.

Tabla 2.19. Recuento de casos de accidentes con peatones o vehículos no motorizados en sección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
3.01-P	0	0%	0%
3.02-P	2	50%	0,4%
3.11-P	1	25%	0,2%
3.12-P	0	0%	0%
3.13-P	0	0%	0%
3.14-P	0	0%	0%
3.21-P	0	0%	0%
3.22-P	0	0%	0%
3.23-P	1	25%	0,2%
3.24-P	0	0%	0%
Total	4	100%	0,7%




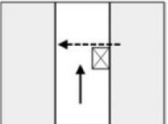
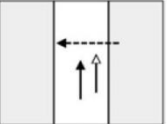
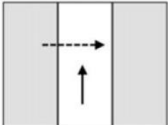
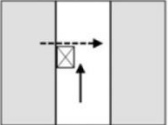
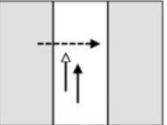
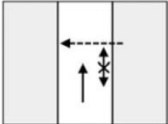
Tal y como muestra la tabla anterior, estos accidentes ocupan un porcentaje muy pequeño en el total de accidentes y comparándolos con los otros tipos de codificaciones (4 casos; 0,7%).

La maniobra con más casos (2 casos; 0,4%) es la 3.02-P que hace referencia a los conflictos entre P/VNM en vía recta, en la misma dirección pero en sentidos opuestos. En uno de estos casos la preferencia era del VM, y en el otro caso del VNM (es decir, 1 caso para el código 3.02-1 y 1 caso para 3.02-2).

Otro accidente está codificado con la maniobra 3.11-P (1 caso, 0,2%) donde el P/VNM cruza a la derecha con visibilidad. En este caso la preferencia era del peatón (3.11-2).

Por último tenemos 1 caso (0,2%) con la codificación 3.23-P donde existe un conflicto con un peatón o bicicleta cruzando a la derecha y con visibilidad reducida por otro vehículo donde la preferencia era del peatón o del VNM.

Imagen 2.21. Códigos para accidentes con peatones o vehículos no motorizados en sección

Conflicto con P/VNM en vía recta y misma dirección 3.0X-P	 3.01-P Mismo sentido	 3.02-P Sentido opuesto	
Conflicto con P/VNM en vía recta cruzando a la izquierda	 3.11-P P/VNM cruzando a la derecha con visibilidad	 3.12-P Visibilidad recuada por objeto/obstáculo	 3.13-P Visibilidad reducida por otro vehículo
Conflicto con P/VNM en vía recta cruzando a la derecha	 3.21-P P/VNM cruzando a la izquierda con visibilidad	 3.22-P Visibilidad recuada por objeto/obstáculo	 3.23-P Visibilidad reducida por otro vehículo
	 3.24-P Visibilidad reducida por vehículo estacionado		

- Accidentes en intersección

Los accidentes en intersección que consisten en conflictos entre la motocicleta y un peatón o vehículo no motorizado, se recogen en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20. Recuento de casos de accidentes con peatones o vehículos no motorizados en intersección

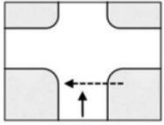
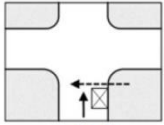
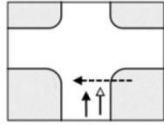
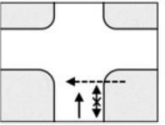
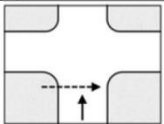
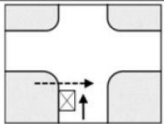
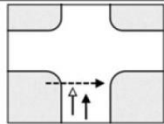
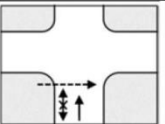
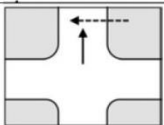
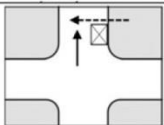
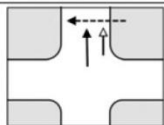
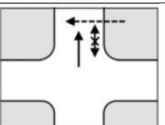
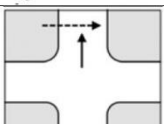
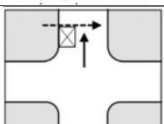
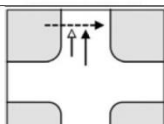
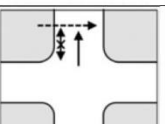
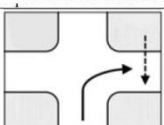
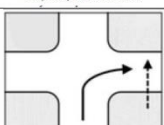
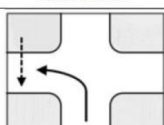
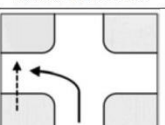
Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total	Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
3.31-P	0	0%	0%	3.53-P	0	0%	0%
3.32-P	0	0%	0%	3.54-P	0	0%	0%
3.33-P	1	50%	0,15%	3.61-P	0	0%	0%
3.34-P	0	0%	0%	3.62-P	0	0%	0%
3.41-P	0	0%	0%	3.63-P	0	0%	0%
3.42-P	0	0%	0%	3.64-P	0	0%	0%
3.43-P	0	0%	0%	3.71-P	1	50%	0,15%
3.44-P	0	0%	0%	3.72-P	0	0%	0%
3.51-P	0	0%	0%	3.73-P	0	0%	0%
3.52-P	0	0%	0%	3.74-P	0	0%	0%
		Total	2	100%	0,3%		

Estos accidentes ocupan un porcentaje menor al de los conflictos de un P/VNM y un VM en sección (2 casos; 0,3%).

El primer caso, un 3.33-P (0,15%) describe el conflicto con un peatón o un VNM que cruza a la izquierda antes de la intersección donde su visibilidad es reducida a causa de otro vehículo. En este accidente la preferencia de paso es del vehículo.

El segundo caso, un 3.71-P (0,15%) describe el conflicto con un peatón o un VNM que cruza a la derecha después de la intersección mientras el VM cruza a la derecha también. Además, la preferencia de paso en este accidente sería para el vehículo como en el caso anterior.

Imagen 2.22. Códigos para accidentes con peatones o vehículos no motorizados en intersección

Conflicto con P/VNM que cruza a la izquierda antes de la intersección 3.3X-P	 3.31-P P/VNM cruzando a la izquierda con visibilidad	 3.32-P Visibilidad reducida por objeto/obstáculo	 3.33-P Visibilidad reducida por otro vehículo	 3.34-P Visibilidad reducida por vehículo estacionado
Conflicto con P/VNM que cruza a la derecha antes de la intersección 3.4X-P	 3.41-P P/VNM cruzando a la derecha con visibilidad	 3.42-P Visibilidad reducida por objeto/obstáculo	 3.43-P Visibilidad reducida por otro vehículo	 3.44-P Visibilidad reducida por vehículo estacionado
Conflicto con P/VNM que cruza a la izquierda después de la intersección 3.5X-P	 3.51-P P/VNM cruzando a la izquierda con visibilidad	 3.52-P Visibilidad reducida por objeto/obstáculo	 3.53-P Visibilidad reducida por otro vehículo	 3.54-P Visibilidad reducida por vehículo estacionado
Conflicto con P/VNM que cruza a la derecha después de la intersección 3.6X-P	 3.61-P P/VNM cruzando a la derecha con visibilidad	 3.62-P Visibilidad reducida por objeto/obstáculo	 3.63-P Visibilidad reducida por otro vehículo	 3.64-P Visibilidad reducida por vehículo estacionado
Conflicto con P/VNM que cruza der/izq después de la intersección 3.7X-P	 3.71-P P/VNM cruzando a la derecha y VM a la derecha	 3.72-P P/VNM cruzando a la izquierda y VM a la derecha	 3.73-P P/VNM cruzando a la izquierda y VM a la izquierda	 3.74-P P/VNM y cruzando a la derecha y VM a la izquierda

Accidentes con vehículo estacionado/incorporándose desde estacionamiento

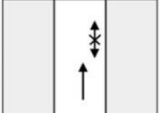
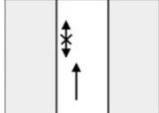
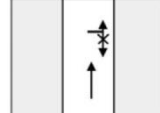
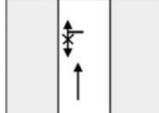
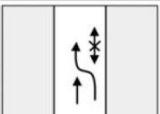
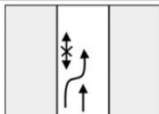
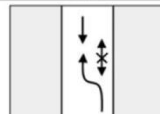
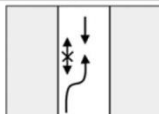
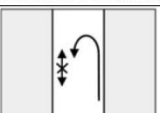
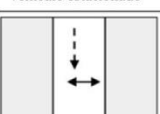
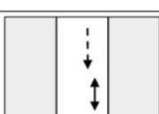
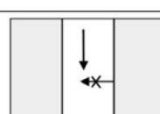
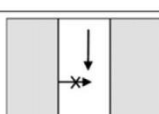
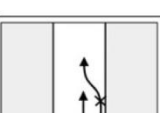
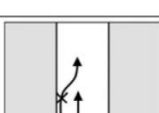
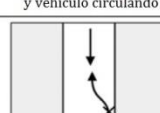
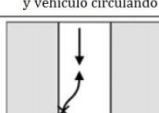
- Accidentes en sección

El total de accidentes de motocicleta con un vehículo estacionado o incorporándose desde estacionamiento asciende a 7 casos (1,2%%) definidos en la Tabla 2.21 para este tipo de colisiones.

Tabla 2.21. Recuento de casos de accidentes con vehículo estacionado/incorporándose desde estacionamiento en sección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total	Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
4.01	2	29%	0,4%	4.41	0	0%	0%
4.02	0	0%	0%	4.42	0	0%	0%
4.03	1	14%	0,2%	4.43	0	0%	0%
4.04	0	0%	0%	4.44	0	0%	0%
4.11	1	14%	0,2%	4.51	2	29%	0,4%
4.12	0	0%	0%	4.52	1	14%	0,2%
4.13	0	0%	0%	4.53	0	0%	0%
4.14	0	0%	0%	4.54	0	0%	0%
4.31	0	0%	0%	Total	7	100%	1,2%

Imagen 2.23. Códigos para accidentes con vehículo estacionado/incorporándose desde estacionamiento en sección

<p>Conflicto entre vehículo estacionado en vía recta y vehículo en el mismo sentido</p> <p>4.0X</p>	 <p>4.01 Conflicto con vehículo estacionado a la derecha</p>	 <p>4.02 Conflicto con vehículo estacionado a la izquierda</p>	 <p>4.03 Conflicto con la puerta de vehículo estacionado a la derecha</p>	 <p>4.04 Conflicto con la puerta de vehículo estacionado a la izquierda</p>
<p>Conflicto entre vehículo cambiando de carril para evitar vehículo estacionado y vehículo en circulación en la misma dirección</p> <p>4.1X</p>	 <p>4.11 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda y vehículo en el mismo sentido</p>	 <p>4.12 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha y vehículo en el mismo sentido</p>	 <p>4.13 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda y vehículo en sentido opuesto</p>	 <p>4.14 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha y vehículo en sentido opuesto</p>
<p>Conflicto entre vehículo cambiando de sentido en U y vehículo estacionado</p> <p>4.3X</p>	 <p>4.31 Conflicto entre vehículo cambiando de sentido en U y vehículo estacionado</p>			
<p>Conflicto entre usuario y vehículo circulando marcha atrás / incorporándose desde estacionamiento perpendicular</p> <p>4.4X</p>	 <p>4.41 Conflicto entre P/VNM y vehículo marcha atrás perpendicular</p>	 <p>4.42 Conflicto entre P/VNM y vehículo marcha atrás</p>	 <p>4.43 Conflicto entre vehículo incorporándose desde estacionamiento perpendicular a la derecha y vehículo circulando</p>	 <p>4.44 Conflicto entre vehículo incorporándose desde estacionamiento perpendicular a la izquierda y vehículo circulando</p>
<p>Conflicto entre vehículo incorporándose desde estacionamiento y vehículo circulando en la misma dirección</p> <p>4.5X +peajes</p>	 <p>4.51 Conflicto entre vehículo estacionado incorporándose a la izquierda y vehículo en mismo sentido</p>	 <p>4.52 Conflicto entre vehículo estacionado incorporándose a la derecha y vehículo en mismo sentido</p>	 <p>4.53 Conflicto entre vehículo estacionado incorporándose a la izquierda y vehículo en sentido opuesto</p>	 <p>4.54 Conflicto entre vehículo estacionado incorporándose a la derecha y vehículo en sentido opuesto</p>

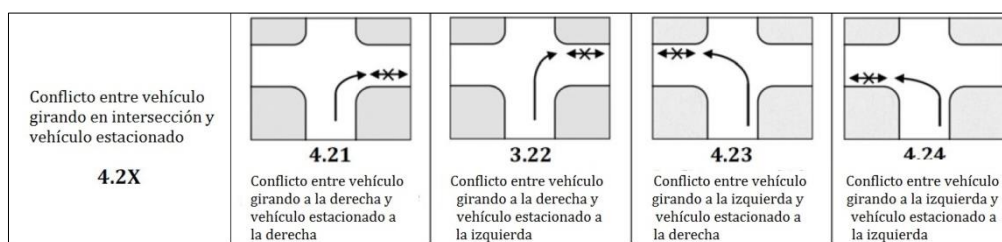
Las maniobras más repetidas dentro de esta categoría son la 4.01 representando el conflicto entre un vehículo estacionado a la derecha y otro vehículo circulando en el mismo sentido y la 4.51 simbolizando el conflicto entre un vehículo estacionado incorporándose a la izquierda y un vehículo circulando en el mismo sentido (2 casos; 0,4% ambas codificaciones).

Además, se observa un empate de accidentes en el caso de las maniobras 4.03, 4.11 y 4.52 (1 caso; 0,2%) donde en la primera se produce un choque con la puerta de un vehículo estacionado a la derecha, la segunda es un vehículo cambiando de carril a la izquierda para evitar vehículo estacionado y colisión con otro vehículo en el mismo sentido, y por último, la codificación 4.52 donde un vehículo estacionado que quiere incorporarse a la derecha tiene un conflicto con otro que circula en el mismo sentido.

- **Accidentes en intersección**

Este apartado recoge los accidentes en intersección que consisten en conflictos con un vehículo estacionado o un vehículo incorporándose desde estacionamiento. Tal y como podemos observar en la base de datos de los 569 accidentes, en este tipo de categoría no encontramos ningún caso.

Imagen 2.24. Códigos para accidentes con vehículo estacionado/incorporándose desde estacionamiento en intersección



Accidentes de más de un vehículo en sección

- **Accidentes de vehículos circulando en el mismo sentido**

El total de accidentes de más de un vehículo circulando en el mismo sentido y en tramos donde no hay intersección es de 99 casos (17,4%) y están definidos en la Tabla 2.23 para este tipo de colisiones.

Tabla 2.22. Recuento de casos de accidentes con más de un vehículo circulando en el mismo sentido y en no intersección


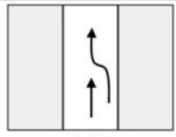
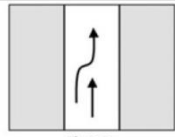
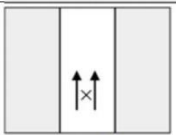
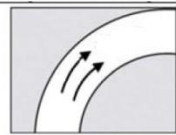
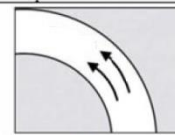
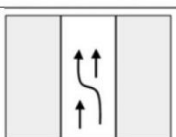
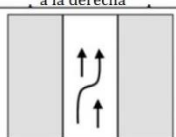

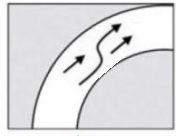
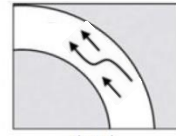
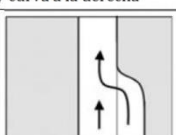
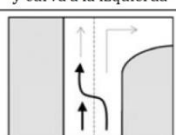
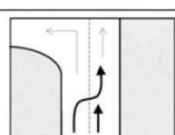
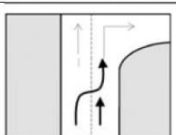
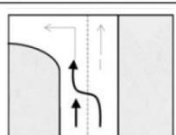
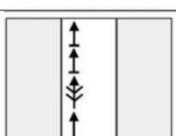
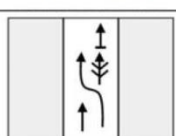
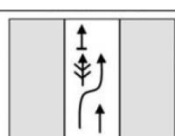
Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total	Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
5.01	20	20,2%	3,5%	5.15	1	1,0%	0,2%
5.02	3	3,0%	0,5%	5.21	1	1,0%	0,2%
5.03	2	2,0%	0,4%	5.22	3	3,0%	0,5%
5.04	1	1,0%	0,2%	5.23	1	1,0%	0,2%
5.05	1	1,0%	0,2%	5.24	2	2,0%	0,4%
5.06	2	2,0%	0,4%	5.25	0	0%	0%
5.11	9	9,1%	1,6%	5.31	30	30,3%	5,3%
5.12	12	12,1%	2,1%	5.32	7	7,1%	1,2%
5.13	2	2,0%	0,4%	5.33	2	2,0%	0,4%
5.14	0	0%	0%	Total	99	100%	17,4%

En primer lugar tenemos la maniobra 5.31 (30 casos; 5,3%) que representa la colisión entre vehículos circulando en retención, debida a la falta de atención en situaciones de circulación lenta o a una velocidad mayor a la recomendada en esas circunstancias.

En segundo lugar, la codificación 5.01 (20 casos; 3,5%) es la más repetida después de la mencionada anteriormente y se produce en tramos de vía recta donde dos vehículos circulando en el mismo sentido colisionan.

Otras codificaciones a destacar son la 5.12 (12 casos; 2,1%) y 5.11 (9 casos; 1,6%) donde el vehículo cambia de carril a la derecha/izquierda y hay tráfico en el mismo sentido. Este tipo de accidente se ocasiona normalmente a la falta de atención o visibilidad a la hora de cambiar de carril.

Imagen 2.25. Códigos para accidentes con más de un vehículo circulando en el mismo sentido y en no intersección

<p>Conflicto entre vehículos circulando en el mismo sentido</p> <p>5.0X</p>	 <p>5.01 Conflicto entre vehículos en el mismo sentido</p>	 <p>5.02 Conflicto entre vehículos incorporándose a la izquierda</p>	 <p>5.03 Conflicto entre vehículos incorporándose a la derecha</p>
	 <p>5.04 Conflicto entre vehículos circulando paralelos</p>	 <p>5.05 Conflicto entre vehículos circulando paralelos en curva a la derecha</p>	 <p>5.06 Conflicto entre vehículos circulando paralelos en curva a la izquierda</p>
<p>Conflicto entre vehículo incorporándose a otro carril después de adelantar/girar en U y circulación en el mismo sentido</p> <p>5.1X</p>	 <p>5.11 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda y tráfico en el mismo sentido</p>	 <p>5.12 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha y tráfico en el mismo sentido</p>	 <p>5.13 Conflicto entre vehículo girando un U y tráfico en el mismo sentido</p>
	 <p>5.14 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda y tráfico en el mismo sentido y curva a la derecha</p>	 <p>5.15 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha y tráfico en el mismo sentido y curva a la izquierda</p>	
<p>Conflicto entre vehículo incorporándose a otro carril y circulación en el mismo sentido</p> <p>5.2X</p>	 <p>5.21 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda por final de carril y tráfico en el mismo sentido</p>	 <p>5.22 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda por bifurcación y tráfico en el mismo sentido</p>	 <p>5.23 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha por bifurcación y tráfico en el mismo sentido</p>
	 <p>5.24 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha por bifurcación y tráfico en el mismo sentido</p>	 <p>5.25 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda por bifurcación y tráfico en el mismo sentido</p>	
<p>Conflicto en situaciones de circulación lenta/retenciones</p> <p>5.3X</p>	 <p>5.31 Conflicto entre vehículo circulando y retención</p>	 <p>5.32 Conflicto entre vehículo cambiando a la izquierda para evitar retención y circulación en el mismo sentido</p>	 <p>5.33 Conflicto entre vehículo cambiando a la derecha para evitar retención y circulación en el mismo sentido</p>

- **Accidentes de vehículos circulando en sentido opuesto**

El total de accidentes de más de un vehículo circulando en sentido opuesto y en tramos donde no hay intersección asciende a 64 casos (11,2%) y están definidos en la Tabla 2.24.

Tabla 2.23. Recuento de casos de accidentes con más de un vehículo circulando en el sentido opuesto y en no intersección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
5.41	3	4,7%	0,5%
5.42	13	20,3%	2,3%
5.43	14	21,9%	2,5%
5.44	11	17,2%	1,9%
5.43/44	6	9,4%	1,1%
5.45	2	3,1%	0,4%
5.46	1	1,6%	0,2%
5.51	4	6,3%	0,7%
5.52	2	3,1%	0,4%
5.53	8	12,5%	1,4%
5.54	0	0%	0%
Total	64	100%	11,2%



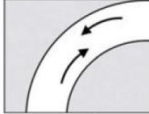
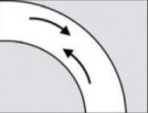
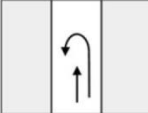
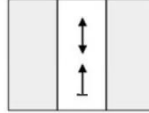


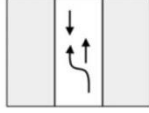
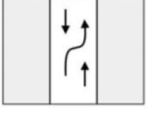
Las codificaciones con el número de accidentes más elevado en esta categoría son la 5.43 (14 casos; 2,5%) y la 5.44 (11 casos; 1,9%) donde el conflicto se lleva a cabo entre vehículos circulando en curva derecha o izquierda y en sentido opuesto. Además, existen otros 6 casos (1,1%) donde no se da información sobre la curva y por tanto no se pueden clasificar como tal; pero sumando un total de 5,5% de accidentes sobre el total.

A continuación de éstas, se encuentra la codificación 5.42 (13 casos; 2,3%) que representa el conflicto entre vehículos circulando en paralelo y en sentido opuesto.

Hay que destacar también la maniobra 5.53 con un 1,4% de los accidentes totales y 8 casos. Estos accidentes se encuentran normalmente en carreteras convencionales de doble sentido donde uno de los vehículos intenta avanzar al vehículo de delante colisionando con el que viene en sentido opuesto.

Finalmente, en la tabla observamos como de la maniobra 5.54 no se ha encontrado ningún accidente en la base de datos de los Mossos d'Esquadra.

Imagen 2.26. Códigos para accidentes con más de un vehículo circulando en sentido opuesto y en no intersección

Conflicto entre vehículos circulando en sentido opuesto 5.4X	 5.41 Conflicto entre vehículos en sentido opuesto	 5.42 Conflicto entre vehículos circulando en paralelo en sentido opuesto	 5.43 Conflicto entre vehículos circulando en curva derecha en sentido opuesto	
	 5.44 Conflicto entre vehículos circulando en curva izquierda en sentido opuesto	 5.45 Conflicto entre vehículo cambiando de sentido en U y tráfico en sentido opuesto	 5.46 Conflicto entre vehículo circulando marcha atrás y colisión con vehículo trasero	
Conflicto entre vehículo cambiando de carril durante adelantamiento y circulación en sentido opuesto 5.5X	 5.51 Colisión entre vehículo cambiando a la izquierda y circulación opuesta en curva derecha	 5.52 Colisión entre vehículo cambiando a la derecha y circulación opuesta en curva izquierda	 5.53 Colisión entre vehículo cambiando a la izquierda y circulación sentido opuesto	 5.54 Colisión entre vehículo cambiando a la derecha y circulación sentido opuesto

Accidentes de más de un vehículo en intersección

- Accidentes de vehículos circulando en la misma vía

Los accidentes con más de un vehículo circulando por la misma vía y en un tramo con intersección ocupan el 9,5% de los accidentes totales (54 casos) y se recogen en la Tabla 2.25.

Tabla 2.24. Recuento de casos de accidentes con más de un vehículo circulando por la misma vía en intersección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total	Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
6.01	3	5,6%	0,5%	6.14	0	0%	0%
6.02	2	3,7%	0,4%	6.21-P	1	1,9%	0,2%
6.03	0	0%	0%	6.22-P	30	55,6%	5,3%
6.04	0	0%	0%	6.23-P	0	0%	0%
6.11	4	7,4%	0,7%	6.24-P	0	0%	0%
6.12	14	25,9%	2,5%	6.25-P	0	0%	0%
6.13	0	0%	0%	6.26-P	0	0%	0%
		Total	54	100%	9,5%		

Respecto a la tabla anterior, la maniobra con un porcentaje más alto sobre el porcentaje total de accidentes de la base de datos es la 6.22 (30 casos; 5,3%) que hace referencia al conflicto entre un vehículo girando a la izquierda y otro viniendo en sentido contrario. Este tipo de accidente es muy común en intersecciones tipo T donde el primer vehículo quiere girar a mano izquierda para acceder a vía secundaria mientras que por la misma vía viene otro vehículo en sentido contrario y éstos colisionan. En los 30 casos anteriores, en 25 de ellos la preferencia era para el segundo vehículo y solamente en 5 del primero.

En segundo lugar, destaca la codificación 6.12 con un total de 14 accidentes (2,5%) donde un vehículo intenta girar a la izquierda desde el carril derecho y colisiona con el otro vehículo que circulaba por la misma vía y en el mismo sentido.

Imagen 2.27. Códigos para accidentes con más de un vehículo circulando por la misma vía en intersección

Conflicto entre vehículos en la misma vía y mismo sentido en intersección girando a la derecha 6.0X	 6.01 Conflicto con vehículo girando a la derecha	 6.02 Conflicto con vehículo girando a la derecha desde carril izquierdo	 6.03 Conflicto con vehículo cambiando al carril derecho para girar a la derecha	 6.04 Conflicto entre vehículos girando a la derecha
Conflicto entre vehículos en la misma vía y mismo sentido en intersección girando a la izquierda 6.1X	 6.11 Conflicto con vehículo girando a la izquierda	 6.12 Conflicto con vehículo girando a la izquierda desde carril derecho	 6.13 Conflicto con vehículo cambiando al carril izquierdo para girar a la izquierda	 6.14 Conflicto entre vehículos girando a la izquierda
Conflicto entre vehículos en la misma vía y sentido opuesto en intersección 6.2X-P	 6.21-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo en sentido opuesto	 6.22-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo en sentido opuesto	 6.23-P Conflicto entre vehículos girando a la derecha desde sentidos opuestos	 6.24-P Conflicto entre vehículos girando a la izquierda desde sentidos opuestos
	 6.25-P Conflicto entre vehículos girando a su derecha desde sentidos opuestos	 6.26-P Conflicto entre vehículos girando a su izquierda desde sentidos opuestos		

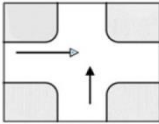
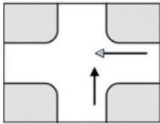
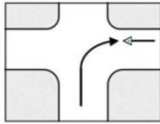
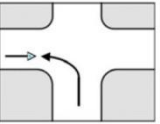
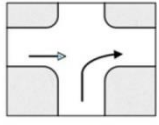
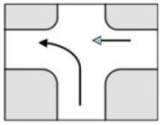
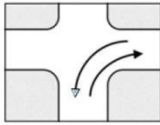
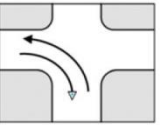
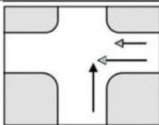
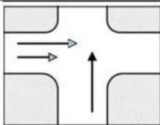
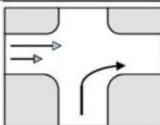
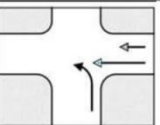
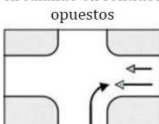
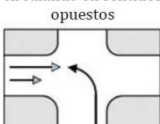


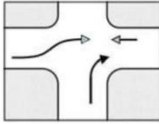
- Accidentes de vehículos circulando en diferentes vías

Los accidentes con más de un vehículo circulando por vías distintas y en un tramo con intersección ocupan el 6,3% de los accidentes totales (36 casos) y se recogen en la Tabla 2.26.

Tabla 2.25. Recuento de casos de accidentes con más de un vehículo circulando por vías diferentes y en intersección

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total	Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
6-31-P	5	13,9%	0,9%	6.42-P	0	0%	0%
6.32-P	4	11,1%	0,7%	6.43-P	0	0%	0%
6.33-P	1	2,8%	0,2%	6.44-P	0	0%	0%
6.34-P	14	38,9%	2,5%	6.45-P	0	0%	0%
6.35-P	7	19,4%	1,2%	6.46-P	0	0%	0%
6.36-P	4	11,1%	0,7%	6.47-P	0	0%	0%
6.37-P	0	0%	0%	6.48-P	0	0%	0%
6.38-P	0	0%	0%	6.49-P	1	2,8%	0,2%
6.41-P	0	0%	0%	Total	36	100%	6,3%

Imagen 2.28. Códigos para accidentes con más de un vehículo circulando por vías diferentes y en intersección

Conflicto entre vehículos en intersección circulando en vías diferentes	 6.31-P Conflicto entre vehículos cruzando vías diferentes	 6.32-P Conflicto entre vehículos cruzando vías diferentes	 6.33-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo en sentido opuesto	 6.34-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo en sentido opuesto
	 6.35-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo en el mismo sentido	 6.36-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo en el mismo sentido	 6.37-P Conflicto entre vehículos girando en sentidos opuestos	 6.38-P Conflicto entre vehículos girando en sentidos opuestos
Conflicto entre vehículos circulando en diferentes vías en intersección cuando un vehículo adelanta	 6.41-P Conflicto entre vehículo adelantando y vehículo circulando en sentidos opuestos	 6.42-P Conflicto entre vehículo adelantando y vehículo circulando en sentidos opuestos	 6.43-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo adelantando en el mismo sentido	 6.44-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo adelantando en el mismo sentido
	 6.45-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo adelantando en sentido opuesto	 6.46-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo adelantando en sentido opuesto	 6.47-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo cambiando de carril después de adelantar en el mismo	 6.48-P Conflicto entre vehículo girando a la izquierda y vehículo cambiando de carril después de adelantar en el mismo
	 6.49-P Conflicto entre vehículo girando a la derecha y vehículo cambiando de carril para esquivarlo y invadiendo la trayectoria del otro vehículo			

Observando los resultados de la tabla, la maniobra con más casos de accidentes es la 6.34-P (14 casos; 2,5%) correspondiente a los conflictos entre un vehículo girando a la izquierda por una vía por donde circula otro vehículo en sentido opuesto. De estos 14 casos, en casi toda su totalidad (13 casos) la preferencia era para el segundo vehículo; la cual no es respetada por el primero.

A continuación destaca una maniobra muy parecida a la anterior, es el caso de la 6.35-P (7 casos; 1,2%) donde el primer vehículo gira a la derecha hacía la vía por donde circula otro vehículo en el mismo sentido provocando así una colisión.

Y en tercer lugar, la codificación 6.31-P recoge 5 casos del total de accidentes (0,9%). Este tipo de accidentes son debidos a no respetar la preferencia para el segundo vehículo en la totalidad de los casos.

- **Accidentes de vehículos en intersecciones especiales**

Los accidentes con más de un vehículo en un tramo con una intersección especial ocupan el 4,7% de los accidentes totales (27 casos) y se recogen en la Tabla 2.27.

Tabla 2.26. Recuento de casos de accidentes con más de un vehículo circulando en intersecciones especiales

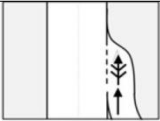
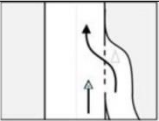
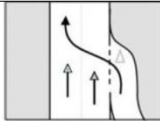
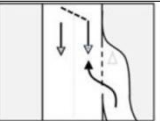
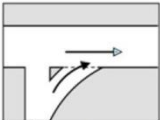
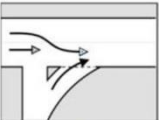
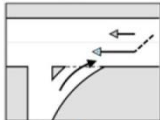
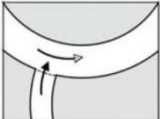
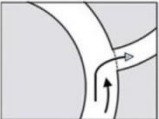
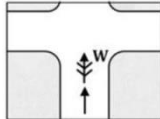
Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
6.50	1	3,7%	0,2%
6.51	9	33,3%	1,6%
6.52	3	11,1%	0,5%
6.53	0	0%	0,0%
6.54	1	3,7%	0,2%
6.55	0	0%	0,0%
6.56	0	0%	0,0%
6.57	0	0%	0,0%
6.58	8	29,6%	1,4%
6.59	3	11,1%	0,5%
6.60	2	7,4%	0,4%
Total	27	100%	4,7%

La codificació con el número de accidentes más elevado en esta categoría es la 6.51 (9 casos; 1,6%) donde el conflicto se lleva a cabo con un vehículo parado o frenando en una incorporación a la vía y un vehículo de detrás.

Con un total de accidentes muy parecido al anterior, se encuentra la maniobra 6.58 (8 casos; 1,4%) donde el conflicto se crea entre un vehículo entrando en una rotonda y otro vehículo circulando dentro.

Hay que destacar también las maniobras 6.52 y 6.59 (3 casos; 0,5% en ambas).

Imagen 2.29. Códigos para accidentes con más de un vehículo circulando en intersecciones especiales

Conflicto entre vehículos en intersecciones especiales 6.5X	 <p>6.51 Conflicto entre parado/frenando en incorporación a vía y vehículo detrás</p>	 <p>6.52 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y vehículo circulando en el mismo sentido</p>	 <p>6.53 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y adelantando y vehículo adelantando por la izquierda</p>	 <p>6.54 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y vehículo adelantando a un vehículo en sentido contrario</p>
	 <p>6.55 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y vehículo circulando</p>	 <p>6.56 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y vehículo incorporándose al carril derecho después de adelantar</p>	 <p>6.57 Conflicto entre vehículo incorporándose a la vía y vehículo adelantando en sentido contrario</p>	
	 <p>6.58 Conflicto entre vehículo entrando a glorieta y vehículo circulando dentro</p>	 <p>6.59 Conflicto entre vehículo saliendo de glorieta desde carril interior y vehículo circulando por dentro de glorieta</p>	 <p>6.60 Conflicto entre vehículo parado y vehículo circulando detrás</p>	

Tablas resumen análisis

En este apartado se representan 6 tablas que resumen de manera numérica la cantidad de casos de cada una de las categorías de la nueva codificación de accidentes mencionadas anteriormente. Estas categorías se dividen en:

- 1.XX: Accidentes de vehículo solo
- 2.XX: Accidentes con obstáculo/especial
- 3.XX: Accidentes con peatón (P)/vehículo no motorizado (VNM)
- 4.XX: Accidentes con vehículo estacionado/incorporándose desde estacionamiento
- 5.XX: Accidentes de más de un vehículo en sección
- 6.XX: Accidentes de más de un vehículo en intersección.

En la primera columna se muestra la codificación de la maniobra, en la segunda la cantidad de accidentes de ese tipo que se han encontrado en la base de datos, en la tercera el porcentaje dentro de las 6 categorías diferentes (guiones descritos anteriormente) y la cuarta el porcentaje de accidentes sobre el total de los 569 casos estudiados. Además hay que destacar que en estas tablas se han eliminado aquellas codificación con un número de casos en la base de datos de accidentes igual a 0.

Tabla 2.27. Resumen del recuento de casos de accidentes de las 6 categorías

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
1.22	62	26,5%	10,9%
1.12	36	15,4%	6,3%
1.01	24	10,3%	4,2%
1.11	23	9,8%	4,0%
1.21	21	9,0%	3,7%
1.02	17	7,3%	3,0%
1.57	12	5,1%	2,1%
1.03	9	3,8%	1,6%
1.13	7	3,0%	1,2%
1.56	6	2,6%	1,1%
1.23	3	1,3%	0,5%
1.31	3	1,3%	0,5%
1.41	2	0,9%	0,4%
1.42	2	0,9%	0,4%
1.53	2	0,9%	0,4%
1.54	2	0,9%	0,4%
1.32	1	0,4%	0,2%
1.51	1	0,4%	0,2%
1.55	1	0,4%	0,2%
Total	0	100%	41,1%

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
3.02-P	2	33,3%	0,4%
3.11-P	1	16,7%	0,2%
3.23-P	1	16,7%	0,2%
3.33-P	1	16,7%	0,2%
3.71-P	1	16,7%	0,2%
Total	6	100%	1,1%

Codificación	Accidentes	% Categoría	% Total
5.31	30	18,4%	5,3%
5.01	20	12,3%	3,5%
5.43	14	8,6%	2,5%
5.42	13	8,0%	2,3%
5.12	12	7,4%	2,1%
5.44	11	6,7%	1,9%
5.11	9	5,5%	1,6%
5.53	8	4,9%	1,4%
5.32	7	4,3%	1,2%
5.43/44	6	3,7%	1,1%
5.51	4	2,5%	0,7%
5.02	3	1,8%	0,5%
5.22	3	1,8%	0,5%
5.41	3	1,8%	0,5%
5.03	2	1,2%	0,4%
5.06	2	1,2%	0,4%
5.13	2	1,2%	0,4%
5.24	2	1,2%	0,4%
5.33	2	1,2%	0,4%
5.45	2	1,2%	0,4%
5.52	2	1,2%	0,4%
5.04	1	0,6%	0,2%
5.05	1	0,6%	0,2%
5.15	1	0,6%	0,2%
5.21	1	0,6%	0,2%
5.23	1	0,6%	0,2%
5.46	1	0,6%	0,2%
Total	163	100,0%	28,6%

Codificació	Accidentes	% Categoría	% Total
6.22-P	30	25,6%	5,3%
6.12	14	12,0%	2,5%
6.34-P	14	12,0%	2,5%
6.51	9	7,7%	1,6%
6.58	8	6,8%	1,4%
6.35-P	7	6,0%	1,2%
6-31-P	5	4,3%	0,9%
6.11	4	3,4%	0,7%
6.32-P	4	3,4%	0,7%
6.36-P	4	3,4%	0,7%
6.01	3	2,6%	0,5%
6.52	3	2,6%	0,5%
6.59	3	2,6%	0,5%
6.02	2	1,7%	0,4%
6.60	2	1,7%	0,4%
6.21-P	1	0,9%	0,2%
6.33-P	1	0,9%	0,2%
6.49-P	1	0,9%	0,2%
6.50	1	0,9%	0,2%
6.54	1	0,9%	0,2%
Total	117	100%	20,6%

Codificació	Accidentes	% Categoría	% Total
2.01	15	35,7%	2,6%
2.11	11	26,2%	1,9%
2.02	5	11,9%	0,9%
2.12	4	9,5%	0,7%
2.03	2	4,8%	0,4%
2.05	2	4,8%	0,4%
2.04	1	2,4%	0,2%
2.07	1	2,4%	0,2%
2.08	1	2,4%	0,2%
Total	0	100%	7,4%

Codificació	Accidentes	% Categoría	% Total
4.01	2	28,6%	0,4%
4.51	2	28,6%	0,4%
4.03	1	14,3%	0,2%
4.11	1	14,3%	0,2%
4.52	1	14,3%	0,2%
Total	7	100%	1,2%

2.5. Conclusiones

En el presente capítulo se ha estudiado la accidentalidad de las motocicletas en el marco de la macro accidentalidad y la micro accidentalidad, utilizando los accidentes registrados en la base de datos de Mossos d'Esquadra, a los cuales se les ha añadido variables de la base de datos SIDAT y que además se ha complementado con datos extraídos de la lectura y análisis de los 569 atestados que forman la base de datos inicial y sus planos.

A partir de la unificación de las variables de las dos bases y la lectura de los atestados se ha definido un nuevo conjunto de variables para desarrollar una base especializada en el ámbito de la accidentalidad. Así mismo se han definido nuevos subtipos de accidentes, intersecciones y otras variables con el fin de poder desarrollar un análisis más en profundidad.

- ✓ En el marco de la macro accidentalidad se ha desarrollado un estudio temporal de los accidentes, en el cual se ha observado que, por una parte, la accidentalidad crece en las vías interurbanas durante los fines de semana, posiblemente debido a las salidas en grupo de los motoristas. Así mismo se ha observado que durante estas salidas los fines de semana el incremento de accidentes sucede entre las 11:00h y las 14:00h, y entre semana entre las 13:00h y 14:00h, de 18:00h a 20:00h y de 21:00h a 22:00h (también de 9:00h a 10:00h durante los viernes).

En cuanto a la tipología general de accidentes, el 41,7% (237 casos) de accidentes son de la motocicleta sola (caídas a la vía o salidas), el 49% (279 casos) con otras unidades motorizadas, el 6% (34 casos) son accidentes múltiples donde participan más de dos vehículos además de una motocicleta y el resto (19 casos; 3,3%) con animales, objetos o unidades no motorizadas como puede ser el caso de una bicicleta.

Del total de accidentes de motocicleta sola, el 23,4% (133 casos) son caídas a la vía y el 24,6% (140 casos) salidas de vía. Las unidades con las que más colisiona la motocicleta son predominantemente los turismos (69,6%), seguido de las furgonetas (8,6%) y los camiones (7,4%).

De entre las colisiones entre vehículos en marcha, el 27,2% (71 casos) son embestidas posteriores, el 30,3% (79 casos) embestidas laterales. El resto se divide entre rozamientos positivos y negativos (58 casos; 22,2%) y las colisiones frontales (41 casos; 15,7%).

- ✓ Respecto a la micro accidentalidad, un primer análisis se ha centrado en el estudio de la maniobra previa de la motocicleta antes del accidente. De los accidentes de motocicleta sola, en el 49,7% (283 casos) la motocicleta circulaba en trayectoria recta, seguido de la circulación por una curva (205 casos; 36%) y el adelanto (31 casos; 5,4%). Con un menor peso se encuentran los accidentes en los que la motocicleta circula por una glorieta (19 casos; 3,3%), y durante un cambio de carril (10 casos; 1,8%).

Por otro lado respecto a los accidentes con otra unidad, el 63,7% (212 casos) de los accidentes entre unidades se producen cuando motocicleta y otra unidad circulan en trayectoria recta, seguido de los accidentes cuando la moto se encuentra avanzando (30 casos; 9%), cambiando de carril (8 casos; 2,4%), o en los accidentes cuando la motocicleta está en un acceso (9 casos; 2,7%) o incorporándose a otra vía (3 casos; 0,9%). Por otro lado, los accidentes cuando la moto circula por una curva disminuyen a una cuarta parte de los casos (56 casos; 16,8%) así como los accidentes cuando sale por un acceso (1 caso; 0,3%). Los accidentes en glorieta disminuyen en mitad del total (10 casos; 3%).

Entre las maniobras previas en colisiones de vehículos en marcha para cada unidad, se observa que las colisiones que más se producen suceden cuando ambas unidades circulan en trayectoria recta (23,1%), seguido de las colisiones cuando una unidad gira a la izquierda o derecha desde una vía secundaria a una principal, embistiendo a la motocicleta (8,9% en vía secundaria y 5,9% en vía principal).

En cuanto a la causa de los accidentes en colisión de motocicleta sola, las principales razones son la velocidad inadecuada (91 casos; 37%), la falta de atención (59 casos; 24%) y la ejecución de una maniobra incorrecta (57 casos; 23,2%). Cuando los accidentes se producen entre unidades, en los casos en que la motocicleta es la responsable de la causa, la colisión es una falta de atención (46 casos; 27,9%), una invasión del sentido contrario (22 casos; 13,3%) o una falta de la distancia de seguridad (21 casos; 12,7%), mientras que si el accidente es responsabilidad de la otra unidad las causas suelen ser un cambio de sentido sin respetar la prioridad (41 casos; 25%), la invasión del sentido contrario (18 casos; 11%) o la falta de atención (17 casos; 10,4%).

- ✓ Los tipos de accidentes más comunes se han analizado en base al nuevo sistema de codificación de maniobras; el cual se expone en detalle en el Anexo 1. A partir de este documento, se han codificado los 569 accidentes presentes en la base de datos de los Mossos d'Esquadra y han sido analizados con tablas dinámicas. En primer lugar se encuentra el código 1.22, que representa el accidente de una motocicleta sola al salirse de la vía por el margen externo en una curva a la izquierda (60 casos; 10,5%). En segundo lugar y con un 5,8% de los casos se hallan 33 casos producidos por accidente de motocicleta sola donde el motorista se sale por el margen externo en una curva a la derecha. Y en tercer lugar, 30 casos (5,3%) son ocasionados por el accidente de más de un vehículo circulando en tramos donde no hay intersección y en situaciones de circulación lenta o retenciones.

Finalmente, si analizáramos cada categoría por separado, resultaría que los códigos 1.22 (62 casos; 10,9%), 2.01 (15 casos; 2,6%), 3.02-P (2 casos; 0,4%), 4.01 (2 casos; 0,4%), 5.31 (30 casos; 5,3%) y 6.22-P (30 casos; 5,3%) son los más repetidos dentro de cada una de ellas.

3. CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE LAS ROTONDAS DE CATALUÑA

3.1. Introducción

Otro aspecto de interés en el estudio y comprensión del accidente de motocicleta son las características de la vía; centrados en el radio de curva de las rotondas como objeto de estudio en este capítulo y así poder estudiar la influencia de éste en los accidentes ocasionados en rotondas dentro de Cataluña.

Además, este estudio pretende recoger información del total de rotondas agrupadas por titularidad y radios dentro de los siete ámbitos territoriales.

3.2. Rotondas en Cataluña

En este apartado se recoge información sobre la totalidad de rotondas en Cataluña (2987 rotondas) agrupadas en los siete ámbitos territoriales siguientes: Metropolitano de Barcelona, comarcas de Girona, Campo de Tarragona, Poniente, Comarcas centrales, Tierras del Ebro y Alto Pirineo y Arán.

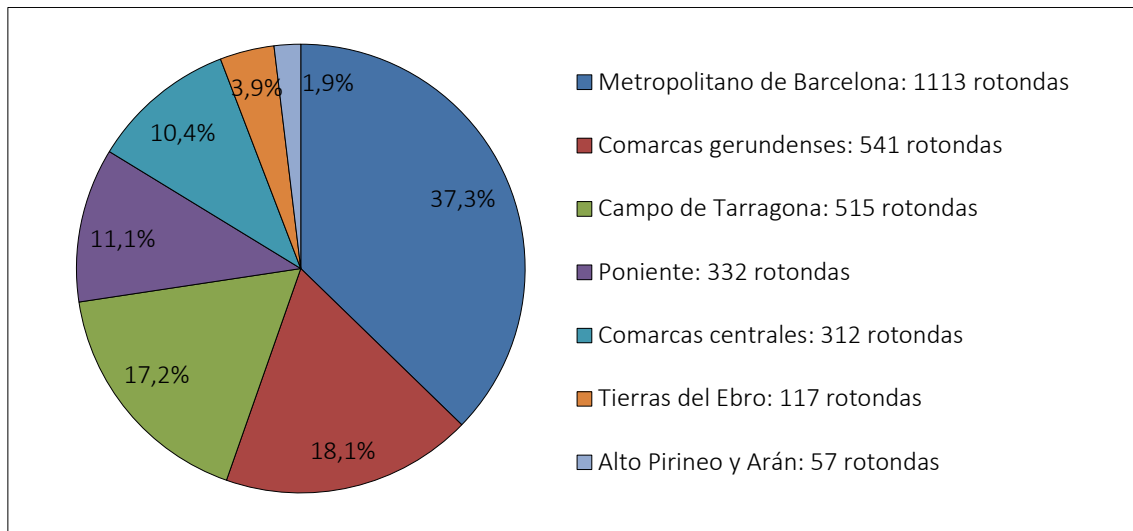
Los datos han sido obtenidos a partir del grafo viario de la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad, correspondiente a la versión 2015, donde están reflejadas todas las carreteras catalogadas. En cuanto a las vías municipales e interurbanas, solo se recogen las más importantes.

Imagen 3.1. Mapa de los siete ámbitos territoriales de Cataluña



El ámbito territorial con más rotondas en Cataluña es el metropolitano de Barcelona que contiene el 37,3% de la totalidad con 1113 casos. Seguido de las comarcas gerundenses con un 18,1% (541 rotondas) y el Campo de Tarragona con un 17,2% (515 rotondas). A continuación, tendríamos el ámbito territorial de Poniente con un 11,1% (332 rotondas), las comarcas centrales con un 10,4% (312 rotondas), las Tierras del Ebro con un 3,9% (117 rotondas) y finalmente el Alto Pirineo y Arán con un 1,9% (57 rotondas). El resumen de estos datos se puede observar gráficamente en la Imagen 3.2.

Imagen 3.2. Recuento de rotondas catalanas por ámbitos territoriales



3.3. Titularidad de las rotondas en Cataluña

La titularidad de las rotondas en Cataluña se divide en:

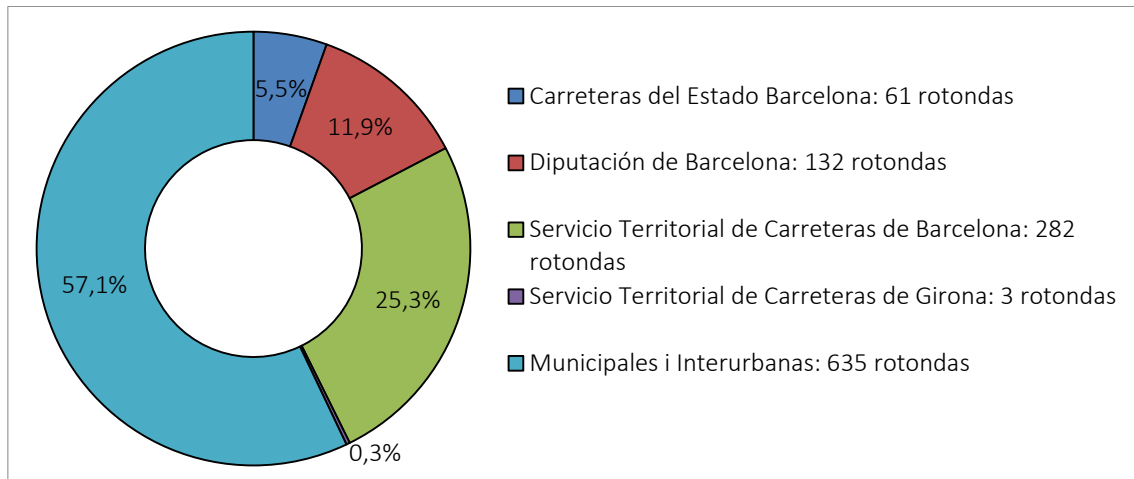
- Generalidad de Cataluña
- Carreteras del Estado
- Diputaciones
- Municipales e Interurbanas

El criterio de titularidad cuando confluyen dos o más carreteras es el de la carretera principal. Se entiende por carretera principal la de mayor rango funcional, es decir, la que tiene mayor intensidad de tráfico.

A partir de los datos facilitados por la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad se han creado los siguientes gráficos circulares donde se resume la titularidad de las rotondas catalanas separadas por ámbitos territoriales.

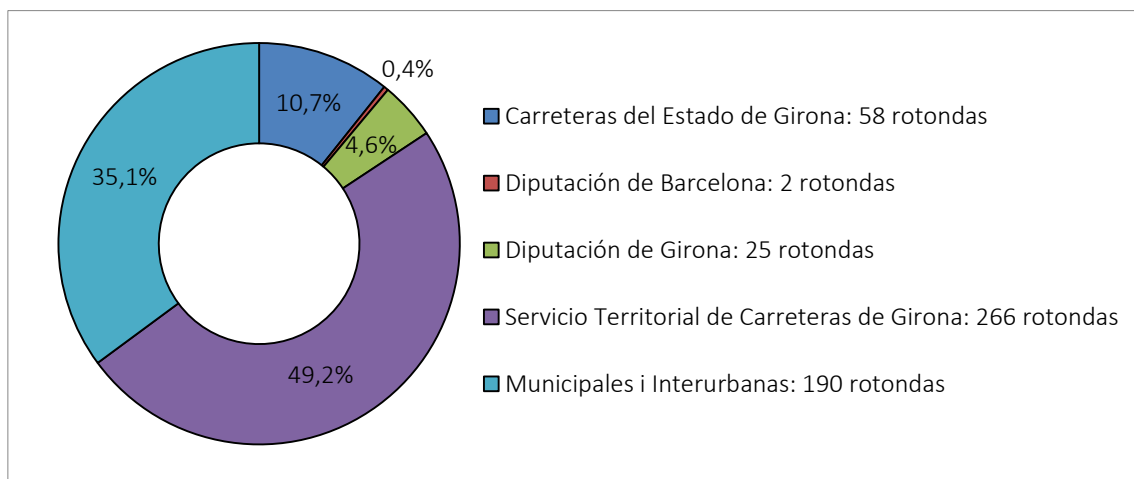
El ámbito metropolitano de Barcelona tiene un total de 1113 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 61 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Barcelona, 132 a la Diputación de Barcelona, 282 al Servicio Territorial de Carreteras de Barcelona, 3 al Servicio Territorial de Carreteras de Girona y 635 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.3. Gráfico del total de rotondas de Metropolitano de Barcelona



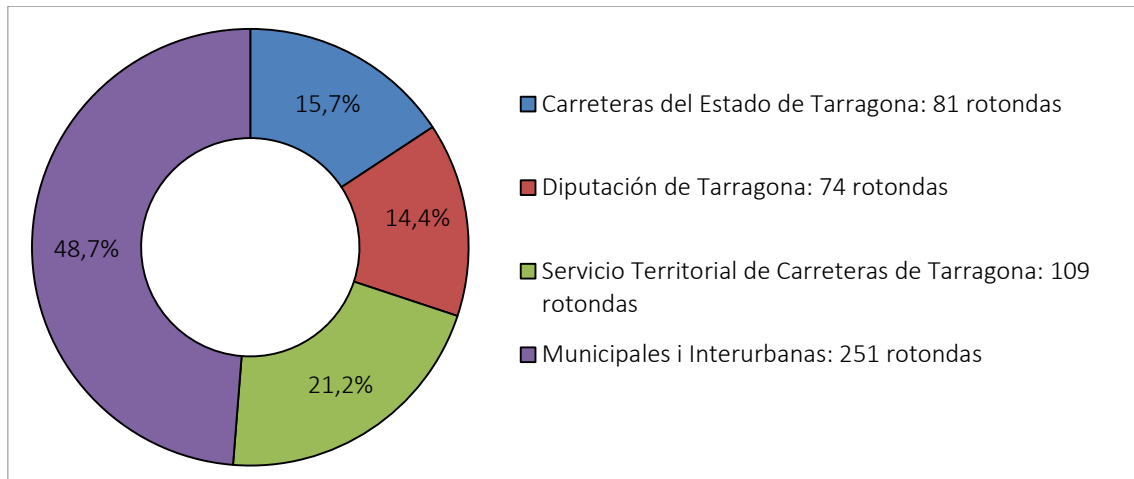
El ámbito metropolitano de Comarcas de Girona tiene un total de 541 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 58 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Girona, 2 a la Diputación de Barcelona, 25 a la Diputación de Girona, 266 al Servicio Territorial de Carreteras de Girona y 190 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.4. Gráfico del total de rotondas de Comarcas Gerundenses



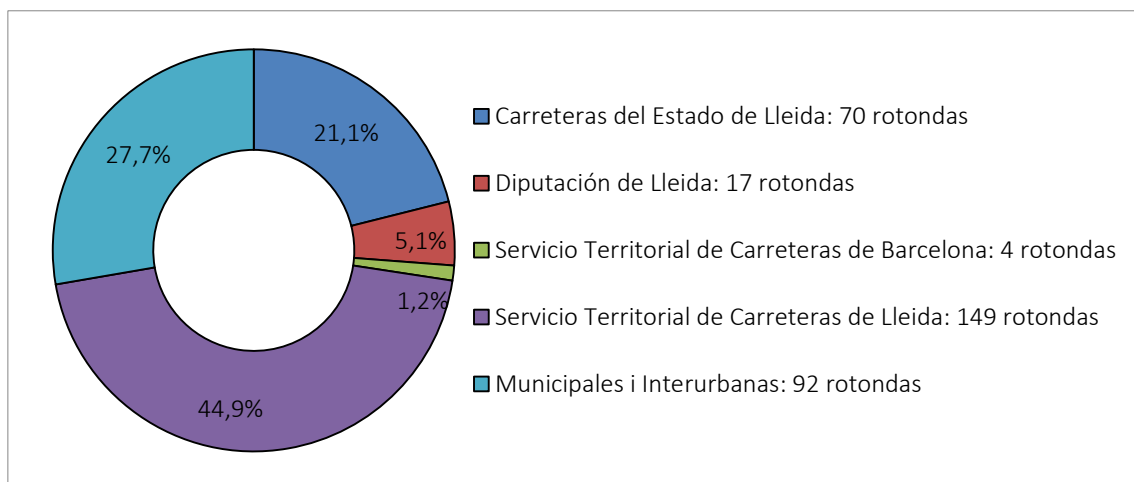
El àmbito metropolita de Campo de Tarragona tiene un total de 515 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 81 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Tarragona, 74 a la Diputaci3n de Tarragona, 109 al Servicio Territorial de Carreteras de Tarragona y 251 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.5. Gráfico del total de rotondas de Campo de Tarragona



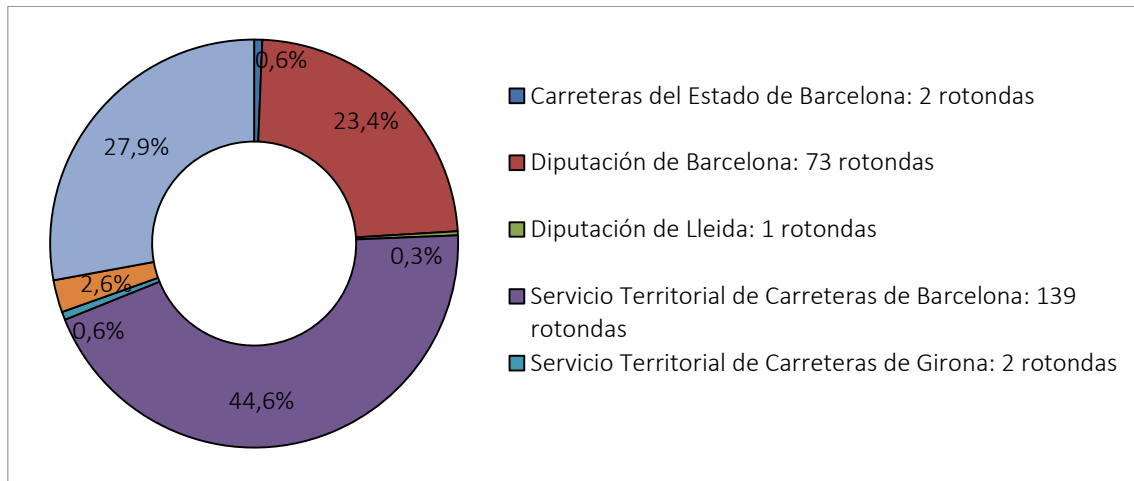
El àmbito metropolita de Poniente tiene un total de 332 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 70 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Lleida, 17 a la Diputaci3n de Lleida, 4 al Servicio Territorial de Carreteras de Barcelona, 149 al Servicio Territorial de Carreteras de Lleida y 92 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.6. Gráfico del total de rotondas de Poniente



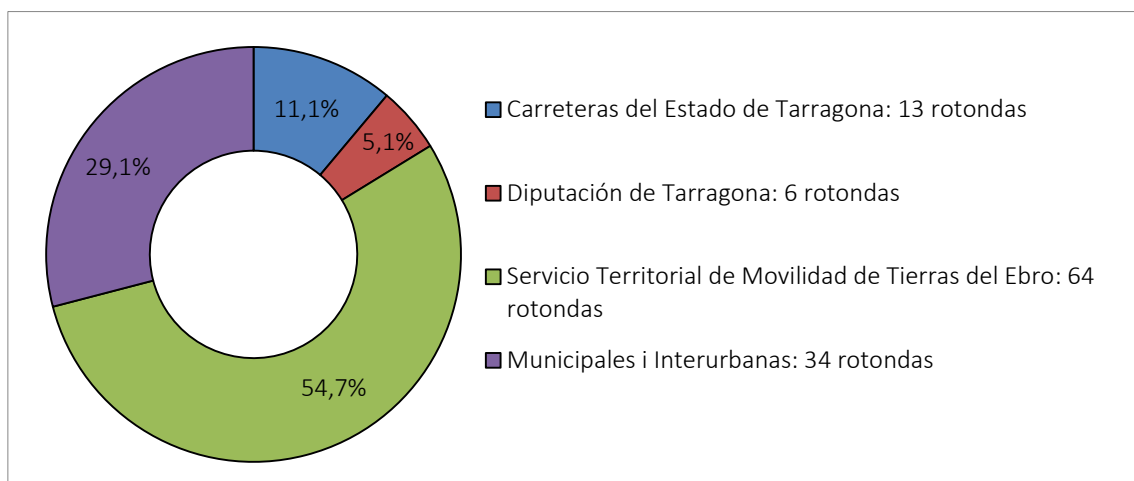
El ámbito metropolitano de Comarcas Centrales tiene un total de 312 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 2 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Barcelona, 73 a la Diputación de Barcelona, 1 a la Diputación de Lleida, 139 al Servicio Territorial de Carreteras de Barcelona y 2 al Servicio Territorial de Carreteras de Girona.

Imagen 3.7. Gráfico del total de rotondas de Comarcas Centrales



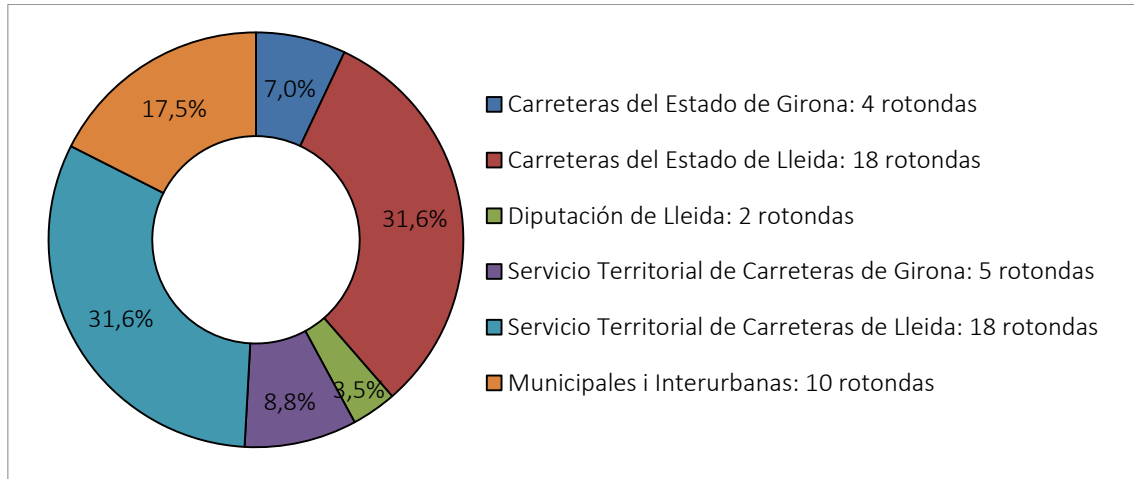
El ámbito metropolitano de Tierras del Ebro tiene un total de 117 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 13 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Tarragona, 6 a la Diputación de Tarragona, 64 al Servicio Territorial de Movilidad de Tierras del Ebro y 34 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.8. Gráfico del total de rotondas de Tierras del Ebro



El àmbit metropolità del Alto Pirineo y Arán tiene un total de 57 rotondas. La titularidad de estas rotondas se divide en: 4 rotondas pertenecen a las carreteras del Estado de Girona, 18 a las carreteras del Estado de Lleida, 2 a la Diputaci3n de Lleida, 5 al Servicio Territorial de Carreteras de Girona, 18 al Servicio Territorial de Carreteras de Lleida y 34 son municipales e interurbanas.

Imagen 3.9. Gráfico del total de rotondas del Alto Pirineo y Arán

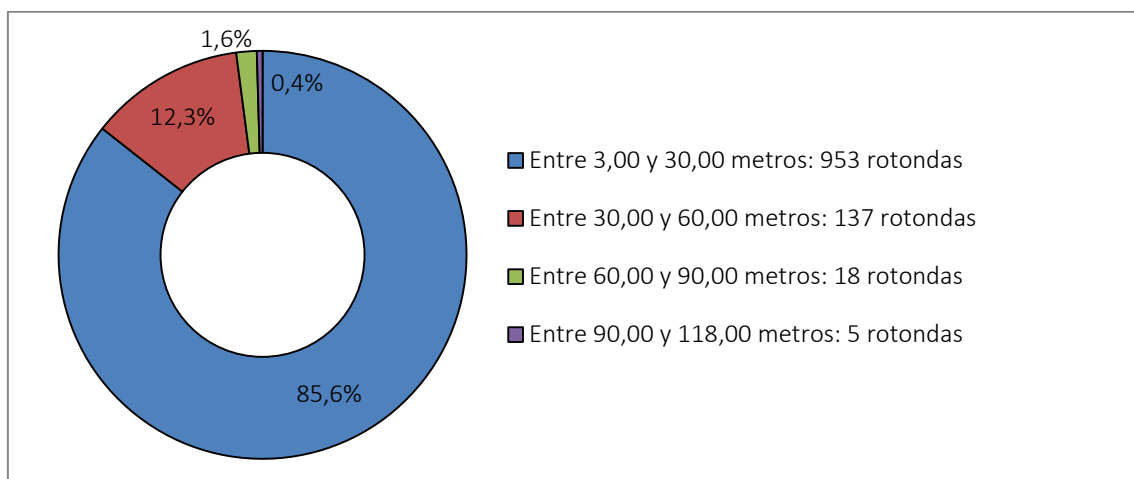


3.4. Radios de las rotondas catalanas

En este apartado se recoge informaci3n sobre la cantidad de rotondas existentes a partir de la medida en metros de los radios de la curva en las rotondas en Cataluña. Esta informaci3n se resume en las 7 gráficas siguientes, divididas por àmbito territorial.

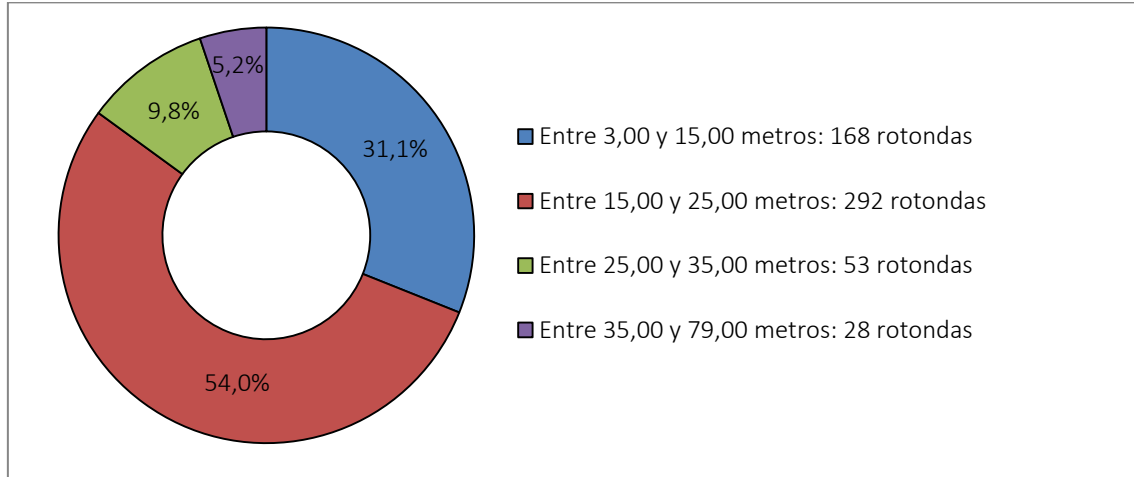
En el àmbito metropolità de Barcelona las rotondas se clasifican en: 953 rotondas de 3 a 30 metros, 137 rotondas de 30 a 60 metros, 18 rotondas de 60 a 90 metros y 5 rotondas de 90 a 118 metros.

Imagen 3.10. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas del Metropolitano de Barcelona



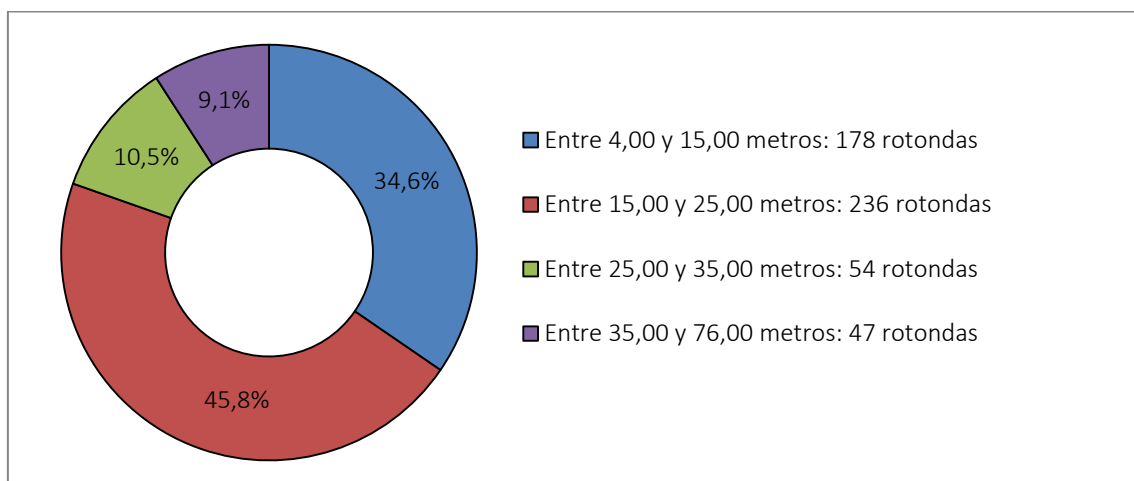
En el ámbito territorial de Comarcas de Girona las rotondas se clasifican en: 168 rotondas de 3 a 15 metros, 292 rotondas de 15 a 25 metros, 53 rotondas de 25 a 35 metros y 28 rotondas de 35 a 79 metros.

Imagen 3.11. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas de las comarcas gerundenses



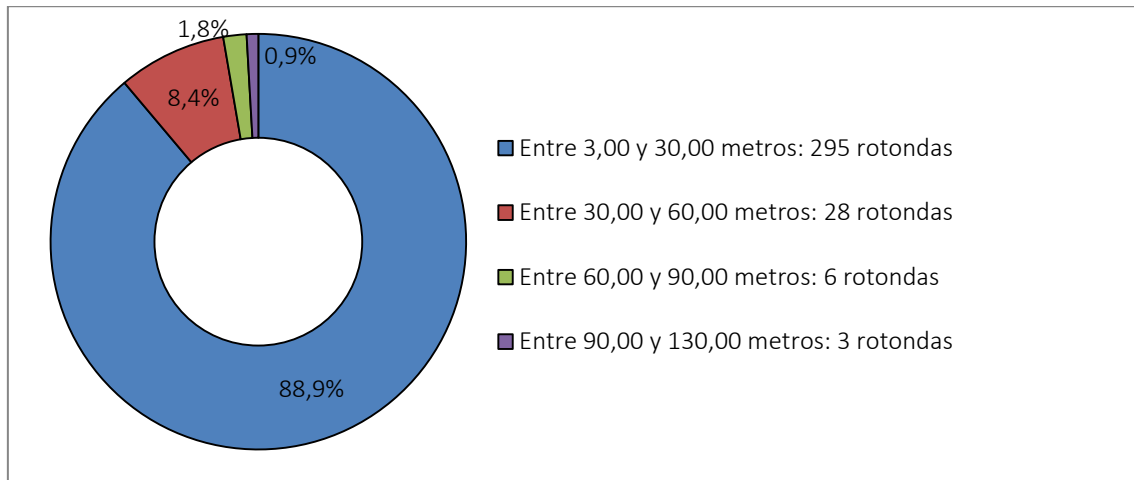
En el ámbito territorial de Campo de Tarragona las rotondas se clasifican en: 178 rotondas de 4 a 15 metros, 236 rotondas de 15 a 25 metros, 54 rotondas de 25 a 35 metros y 47 rotondas de 35 a 76 metros.

Imagen 3.12. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas del Campo de Tarragona



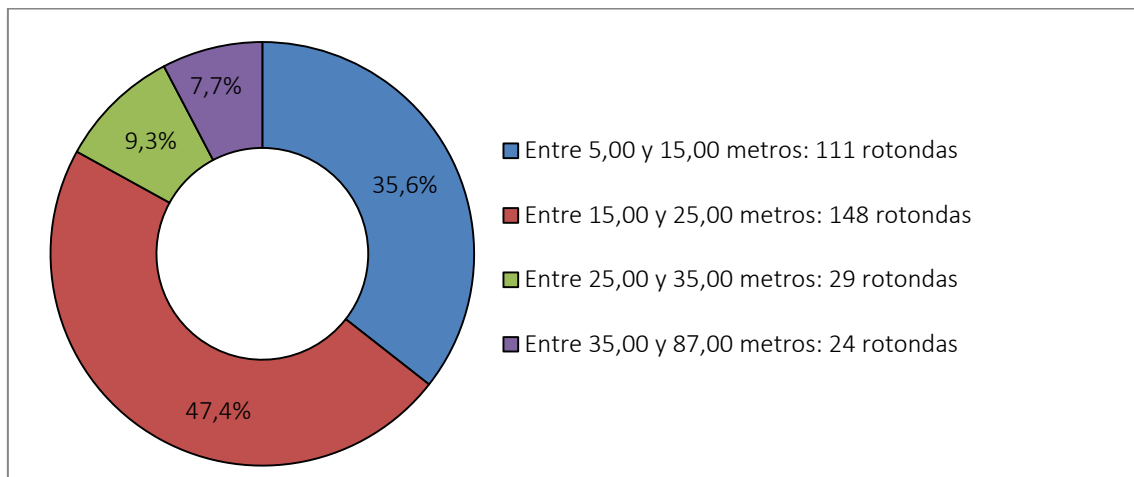
En el ámbito territorial de Poniente las rotondas se clasifican en: 295 rotondas de 3 a 30 metros, 28 rotondas de 30 a 60 metros, 6 rotondas de 60 a 90 metros y 3 rotondas de 90 a 130 metros.

Imagen 3.13. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas de Poniente



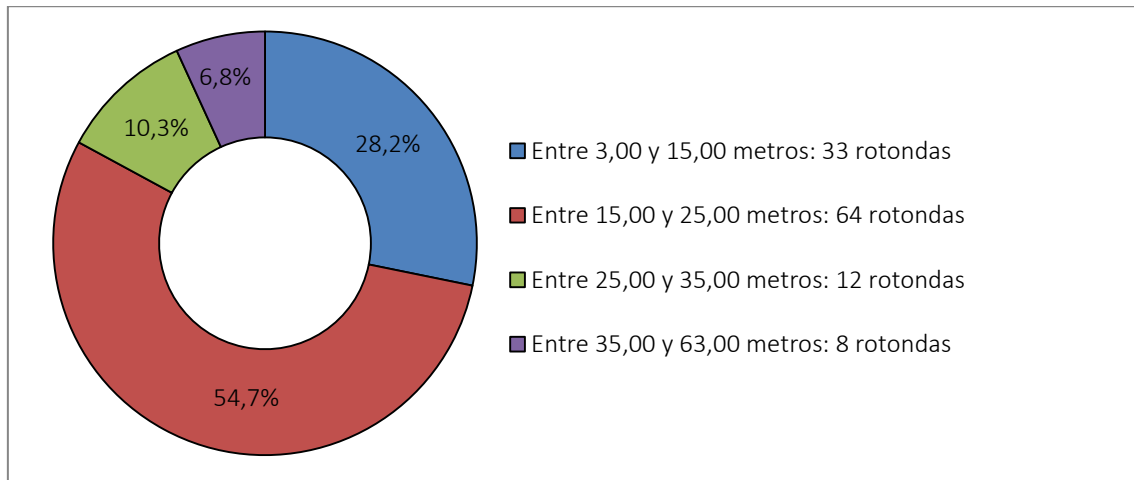
En el ámbito territorial de comarcas centrales las rotondas se clasifican en: 111 rotondas de 5 a 15 metros, 148 rotondas de 15 a 25 metros, 29 rotondas de 25 a 35 metros y 24 rotondas de 35 a 87 metros.

Imagen 3.14. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas de las comarcas Centrales



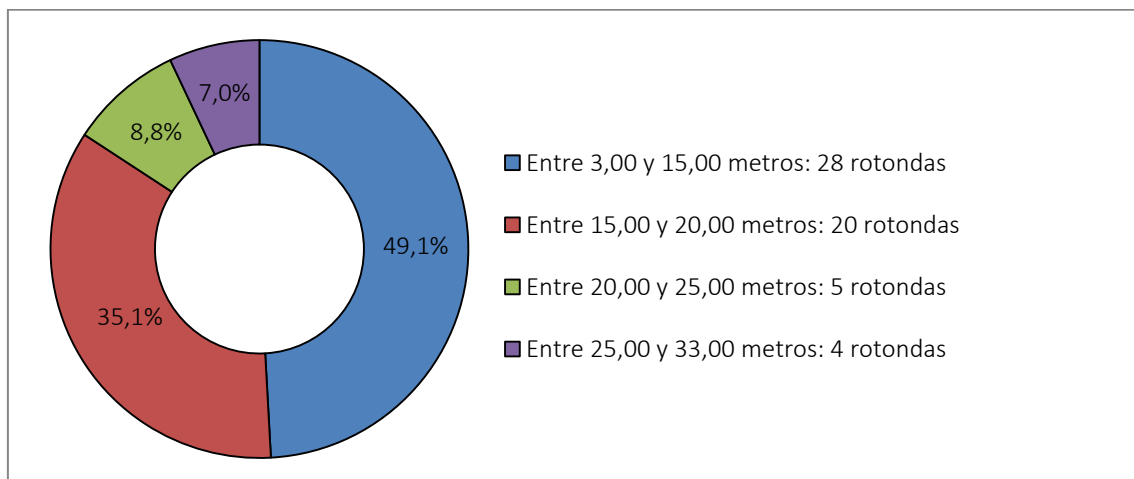
En el ámbito de Tierras del Ebro las rotondas se clasifican en: 33 rotondas de 3 a 15 metros, 64 rotondas de 15 a 25 metros, 12 rotondas de 25 a 35 metros y 8 rotondas de 35 a 63 metros.

Imagen 3.15. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas de Tierras del Ebro



En el ámbito territorial del Alto Pirineo y Arán las rotondas se clasifican en: 28 rotondas de 3 a 15 metros, 20 rotondas de 15 a 20 metros, 5 rotondas de 20 a 25 metros y 4 rotondas de 25 a 33 metros.

Imagen 3.16. Gráfico de longitudes de radios de las rotondas del Alto Pirineo y Arán



3.5. Análisis de la accidentalidad

En este trabajo se ha querido estudiar también cómo el radio de la curva o radio de la rotonda influye en los tipos de accidente a partir de la información de la base de datos proporcionada por los Mossos d'Esquadra.

El radio de la curva es un parámetro de la vía muy interesante que se prevé que presente una influencia en la colisión. Este parámetro se ha analizado solo en los accidentes de motocicleta sola, en los cuales se observaran si se dan más salidas de vía o caídas, dado que son los accidentes donde influyen menos variables. Esta elección se debe a que en un accidente de colisión de vehículos en marcha influyen las acciones de ambos vehículos, y el efecto del radio de curva de la carretera no es tan claro.

El radio de la curva se ha medido para el total de los 569 casos con un software adecuado que ha permitido determinar el radio sobre los planos de los atestados. El valor de este parámetro se ha definido como el radio de la circunferencia que se ajusta al trazado de la vía. En los casos en los que se trata de una vía recta, el radio se considera como un valor de 100.000 metros, dado que en vías rectas el radio es infinito. De los 237 accidentes de motocicleta sola, 93 son caídas a la vía, 2 son caídas a la vía con colisión posterior, 3 son caídas en la vía con salida de vía posterior, 1 es caída de vía por macha en el pavimento, 7 son colisiones con algún objeto y 131 son salidas de vía.

Tabla 3.1. Recuento de accidentes de motocicleta sola según su causa

Causa	Accidentes	% Categoría	% Total
Caída a la vía	93	39,2%	16,3%
Caída a la vía y colisión	2	0,8%	0,4%
Caída a la vía y salida de vía	3	1,3%	0,5%
Caída a la vía per macha	1	0,4%	0,2%
Colisión con objeto	7	3,0%	1,2%
Salida de vía	131	55,3%	23,0%
Total	237	100%	41,7%

Para analizar la influencia del radio curva en el tipo de accidente, un primer análisis ha sido enfocado a estudiar si el tipo de accidente (caída a la vía o salida de vía) es diferente según si la vía es recta o curva. Se espera que en vías rectas se den más caídas a la vía y en curvas más salidas de vía.

Tabla 3.2. Recuento de accidentes de motocicleta sola según su causa y acción previa

Causa	Acción previa moto	Accidentes	% Categoría	% Total
Caída a la vía	Cambiando de carril	1	0,4%	0,2%
	Circulando/entrando/saliendo de glorieta	9	3,8%	1,6%
	Circulando por curva	52	21,9%	9,1%
	Saliendo por acceso	1	0,4%	0,2%
	Trayectoria recta	30	12,7%	5,3%
Caída a la vía y colisión	Trayectoria recta	2	0,8%	0,4%
Caída a la vía y salida	Circulando por curva	3	1,3%	0,5%
Caída a la vía por mancha	Circulando por curva	1	0,4%	0,2%
Colisión con objeto	Adelantando	1	0,4%	0,2%
	Cambiando de carril	1	0,4%	0,2%
	Circulando por curva	1	0,4%	0,2%
	Trayectoria recta	4	1,7%	0,7%
Salida de vía	Circulando por curva	83	35,0%	14,6%
	Incorporándose a vía principal	1	0,4%	0,2%
	Saliendo de curva	9	3,8%	1,6%
	Saliendo por acceso	2	0,8%	0,4%
	Trayectoria recta	36	15,2%	6,3%
Total		237	100%	41,7%

Cómo se puede observar a en la tabla, el radio curva influye significativamente en el tipo de accidente ya que existen más accidentes de motocicleta circulando por curva que por trayectoria recta.

En el caso de las caídas el 9,1% de los accidentes se debe a estar circulando por curva y en el 5,3% circular en trayectoria recta. Y en el caso de las salidas de vía el 14,6% se debe a circular por una curva y el 6,3% en trayectoria recta.

Este hecho no implica que el radio de una curva no sea importante o significativo en el tipo de accidente que se produce, si no que por sí solo, como único factor considerado no marca una diferencia estadísticamente demostrada.

Por otro lado, en el caso de accidentes de motocicleta sola, se han analizado los 27 casos que contiene la base de datos y se han filtrado en accidentes ocurridos en rotondas.

De estos 27 accidentes, observamos que el 1,76% (10 casos) ocurren en trayectoria recta, seguido de un 0,88% (5 casos) donde la rotonda tiene un radio entre 15 y 25 metros, un 0,70% (4 casos cada uno) donde el radio está entre 25 y 35, y 35 y 617 metros que es el máximo encontrado.

El caso menos repetido sería el de rotondas con el radio menor (5 a 15 metros) con un 0,53% de la totalidad de accidentes. Esto puede ser debido a que son las rotondas con el radio más cerrado y por tanto, donde el motorista presenta más atención y cuidado a la hora de girar.

Tabla 3.3. Recuento de accidentes de motocicleta sola en rotonda

Radio rotonda	Accidentes	% Categoría	% Total
7,14	1	3,7%	0,18%
13,08	1	3,7%	0,18%
14	1	3,7%	0,18%
18,9	1	3,7%	0,18%
20,2	1	3,7%	0,18%
21,9	1	3,7%	0,18%
22	1	3,7%	0,18%
23,9	1	3,7%	0,18%
25,23	1	3,7%	0,18%
32,1	1	3,7%	0,18%
34,21	1	3,7%	0,18%
34,6	1	3,7%	0,18%
37,3	1	3,7%	0,18%
57,59	1	3,7%	0,18%
79	1	3,7%	0,18%
617	1	3,7%	0,18%
100000	10	37,0%	1,76%
(en blanco)	1	3,7%	0,18%
Total	27	100%	4,75%

Radio rotonda	Accidentes	% Categoría	% Total
5,00-15,00	3	11,11%	0,53%
15,00-25,00	5	18,52%	0,88%
25,00-35,00	4	14,81%	0,70%
35,00-617,00	4	14,81%	0,70%
100000	10	37,04%	1,76%
en blanco	1	3,70%	0,18%
Total	27	100%	4,75%

Como ejemplo, se ha tomado el ámbito metropolitano de Barcelona (ya que es el que más casos (14 casos) de accidentes presentaba en la base de datos) y se ha estudiado su accidentalidad dividiendo el total de accidentes entre las rotondas existentes.

Tabla 3.4. Estudio accidentalidad en rotondas para el ámbito metropolitano de Barcelona

Radio rotonda	Accidentes	% Categoría	% Accidentalidad
3,0-30,0	6	42,9%	0,00629
30,0-60,0	3	21,4%	0,0219
60,0-90,0	1	7,1%	0,0555
90-118	4	28,6%	0,80
Total	14	100%	0,88

3.6. Conclusiones

En este estudio de las rotondas de Cataluña se llega a la conclusión que el ámbito territorial con más rotondas existentes es el metropolitano de Barcelona con 1113 rotondas, seguido de las comarcas de Girona con 541 rotondas y el Campo de Tarragona con 515.

Por lo que respecta a la vía, se ha encontrado que de entre las variables descritas en las bases de datos SIDAT y Mossos d'Esquadra sobre las características específicas de la vía, el radio de la curva es un parámetro influyente.

Así, un radio curva más pequeña promueve las salidas de vía de la motocicleta como tipo de accidente, mientras que radios curva muy grande (considerando 100.000 metros como el radio de una recta, aunque tendría que ser infinito) promueve las caídas a la vía de la motocicleta.

Por otro lado la velocidad de la vía por sí sola no es un parámetro que influya de forma significativa en los tipos de accidente de motocicleta sola, aunque considerándola en combinación con el radio curva, cuando la velocidad incrementa y/o el radio se reduce, el accidente tiende a ser una salida de vía.